

**VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektrotechniky**

**Návrh projektové dokumentace sběru technologických dat
v průmyslovém objektu a jejich vizualizace**

**Creating a Project Documentation of Technological Data
Collection for an Industrial Facility, Including their
Visualization**

Zadání diplomové práce

Student:

Bc. Jan Tandler

Studijní program:

N2661 Projektování elektrických systémů a technologií

Téma:

Návrh projektové dokumentace sběru technologických dat v
průmyslovém objektu a jejich vizualizace
Creating a Project Documentation of Technological Data Collection for
an Industrial Facility, Including their Visualization

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

Cílem diplomové práce je návrh a realizace systému pro sběr a vizualizaci technologických dat v průmyslovém objektu. Pro získávání, ukládání a vyhodnocení naměřených dat bude, jako datové centrum, sloužit nově navržený rozváděč. Tyto informace budou poskytovány koncovým uživatelům pomocí vizualizační aplikace typu klient-server. Vizualizace bude zobrazovat především spotřeby energií v průmyslovém objektu, historické trendy spotřeby energie, hlídání účinníku, hlídání čtvrt hodinového maxima, regulace spotřeby na základě čtvrt hodinového maxima, hlídání teploty a vlhkosti v rozvodnách, alarmy a jiné důležité informace.

1. Seznámení se zadávací dokumentací, jejími přílohami a vstupními požadavky projektu.
2. Popis koncepce sběru technologických dat v průmyslovém objektu.
3. Návrh a zpracování projektové dokumentace pro měření, regulaci a sběr technologických dat.
4. Vytvoření programu pro zpracování technologických dat a jejich vizualizace.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] KRŽÍŽ, Michal. Dimenzování a jistění elektrických zařízení: tabulky a příklady. 4., aktualiz. vyd. Praha: IN-EL, 2015. Elektro (IN-EL). ISBN 978-80-87942-09-3.
- [2] DVOŘÁČEK, Karel a Vincent CSIRIK. Projektování elektrických zařízení. Praha: IN-EL, 1999. Knižnice Elektro. ISBN 80-86230-10-4.
- [3] BASTIAN, Peter. Praktická elektrotechnika. 2., dopl. vyd. Přeložil Karel RADIL. Praha: Europa-Sobotáles cz., 2006. ISBN 80-86706-15-X.
- [4] GISCHEL, Bernd. EPLAN electric P8: reference handbook. 4th edition. Cincinnati: Hanser Publications, [2016]. ISBN 978-1-56990-498-5
- [5] CORNELL, Gary. Microsoft Visual Basic scripting: příručka programátora. Praha: Computer Press, 1999. Programování. ISBN 80-7226-144-4.
- [6] ČSN EN 61439-1 ed. 2 Rozváděče nízkého napětí - Část 1: Všeobecná ustanovení. Praha: UNMZ, 2012, Třídící znak: 357107.
- [7] ČSN EN 50274 Rozváděče nn - Ochrana před úrazem elektrickým proudem. Praha: UNMZ, 2002, Třídící znak: 357108.
- [8] ČSN EN 61140 ed. 3 Ochrana před úrazem elektrickým proudem - Společná hlediska pro instalaci a zařízení. Praha: UNMZ, 2016, Třídící znak: 330500.
- [9] ČSN 33 2000-4-41 ed. 3 Elektrické instalace nízkého napětí - Část 4-41: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti. Praha: UNMZ, 2018, Třídící znak: 332000.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

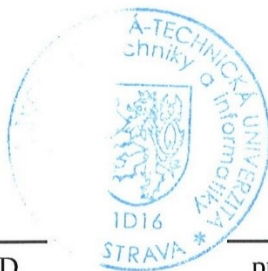
Vedoucí diplomové práce: **Ing. Roman Hrbáč, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2018

Datum odevzdání: 30.04.2019



doc. Ing. Vítězslav Stýskala, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Pavel Brandštetter, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě dne: 25.4.2019



.....
podpis studenta

Poděkování

Rád bych poděkoval Ing. Romanu Hrbáčovi, Ph.D. za odbornou pomoc a konzultaci při vytváření této diplomové práce.

Prohlášení zástupce spolupracující právnické nebo fyzické osoby

„Souhlasím se zveřejněním této diplomové práce dle požadavků čl. 26, odst. 9 Studijního a zkušebního řádu pro studium v magisterských programech VŠB-TU Ostrava.“

Dne: 25.4.2019


.....
podpis zástupce

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá návrhem systému pro automatizovaný sběr a vizualizaci technologických dat v průmyslovém objektu. Na základě vstupních požadavků projektu, daných technickou zadávací dokumentací, byla navržena projektová dokumentace a vizualizační aplikace, která je orientovaná na monitorování energetických hodnot ve výrobním podniku. V úvodní části práce jsou popsány požadavky zadavatele zakázky a koncepce navrhovaného systému sběru dat. Z těchto podkladů vychází i teoretická část, která obsahuje uvedení do problematiky technologických dat a vysvětlení základních pojmů týkajících se spotřeby elektrické energie v průmyslu. Současně jsou zde uvedeny informace o vizualizačních nástrojích SCADA. Praktická část diplomové práce je zaměřená nejen na návrh rozváděče datového centra, ale i na samotnou tvorbu softwarové aplikace pro vizualizaci a řízení energetické spotřeby výrobního podniku.

Klíčová slova

datové centrum, projektová dokumentace, Reliance, sběr dat, SCADA systém, vizualizace

Abstract

This thesis proposes a system for automated collection and visualization of technological data in an industrial facility. Based on the entry project requirements, outlined in the technical tender documentation, the project documentation and visualization application were designed with focus on monitoring of energy values in a production plant. The thesis introduction covers the requirements of the client and the concept of system suggested for data collection. These materials form a base for the theoretical part of this work which includes an introduction to the topic of technological data and explanation of basic terms related to electricity consumption in industry. Moreover, it also contains information about SCADA visualization tools. The practical part of this thesis focuses on a design of switchboard for a data center and on the actual creation of software application for the visualization and management of energy consumption at a production plant.

Key words

data center, project documentation, Reliance, data collection, SCADA system, visualization.

Obsah

Seznam použitých symbolů	11
Seznam použitých zkratk.....	12
Seznam obrázků	14
Seznam tabulek	15
1 Úvod.....	16
2 Cíl diplomové práce	17
2.1 Zadávací dokumentace projektu.....	17
2.1.1 Požadované zvyklosti.....	17
2.1.2 Popis stávajícího stavu	18
2.1.3 Popis předmětu díla	18
2.1.4 Přílohy zadávací dokumentace	20
2.2 Koncepce zadaného projektu	20
3 Teorie sběru a vizualizace dat v průmyslu.....	22
3.1 Automatizovaný systém sběru dat.....	22
3.1.1 Struktura automatizovaného systému sběru dat	23
3.2 Rozdělení průmyslových dat.....	24
3.2.1 Technologická data	24
3.2.2 Výrobní data.....	24
3.2.3 Data o nevýrobních aktivitách.....	25
3.3 Využití energetických dat v průmyslu	25
3.3.1 Spotřeba elektrické energie	25
3.3.2 Čtvrthodinové maximum.....	26
3.4 Datová komunikace.....	28
3.4.1 PROFIBUS.....	28
3.4.2 Průmyslový Ethernet	29
3.5 SCAD software	30
3.5.1 PROMOTIC	30
3.5.2 Control Web	31
3.5.3 Reliance.....	33
4 Návrh a zpracování projektové dokumentace.....	35
4.1 Fáze přípravy a realizace projektu	35
4.2 Výběr komponent.....	36

4.2.1	Řídicí systém	37
4.2.2	Průmyslový počítač IPC	40
4.2.3	Komunikační zařízení	41
4.2.4	Napájecí zdroj	42
4.2.5	Diagnostický modul	44
4.3	Návrh rozváděče datového centra	45
4.3.1	Uspořádání komponent v rozváděči	46
4.3.2	Obvodové schéma	46
4.3.3	Dispoziční řešení	49
4.3.4	Technická zpráva	50
5	Návrh aplikace v systému Reliance	52
5.1	Uživatelské rozhraní aplikace	52
5.2	Datová vazba	54
5.3	Tvorba skriptů	55
5.3.1	Procedura čtvrt hodinového maxima	56
5.4	Síťová komunikace	57
6	Závěr	58
	Použitá literatura	i
	Seznam příloh	iv

Seznam použitých symbolů

Symbol	Jednotky	Význam symbolu
$\cos \varphi$	-	účinník
I	A	proud
P	W	činný výkon
Q	var	jalový výkon
S	VA	zdánlivý výkon
I	A	proud
U_s	V	napětí

Seznam použitých zkratk

Zkratka	Anglický význam	Český význam
CAD	computer-aided design	počítačem podporované projektování
CPU	central processing unit	centrální procesorová jednotka
CSD	circuit switched data	metoda přenosu dat
ČSN	-	česká technická norma
DC	direct current	stejnoseměrný proud
DSPS	-	dokumentace skutečného provedení stavby
EU	European Union	Evropská unie
FTP	file transfer protocol	protokol pro přenos souborů
Full HD	full high-definiton	vysoké rozlišení obrazovky
GPRS	general packet radio service	mobilní služba pro přenos dat
GSM	global system for mobile communications	systém pro mobilní komunikaci
HTTP	hypertext transfer protocol	komunikační protokol pro výměnu hypertextových dokumentů
I/O	input/output	vstup/výstup
IE	industrial Ethernet	průmyslový Ethernet
IP	internet protocol	internetový protokol
IPC	industrial personal computer	průmyslový počítač
IRT	insochronous real-time	izochronní reálný čas
LTE	long-term evolution	technologie pro vysokorychlostní internet
LTSB	long-term servicing branch	speciální edice systému Windows 10
nn	-	nízké napětí
OCL	object constraint language	jazyk ovládání objektů
ODBC	open database connectivity	standard pro přístup k databázím
OPC	open platform communications	sada komunikační protokolů
PDF	Portable Document Format	přenosný formát dokumentů
PLC	programmable logic controller	programovatelný logický automat

PROFIBUS	process field BUS	průmyslová komunikační sběrnice
PROFINET	process field net	průmyslová komunikační síť
PVC	polyvinyl chloride	polyvinylchlorid
QR	quick response code	kód rychlé reakce
RAM	random-access-memory	druh počítačové paměti
RFID	radio frequency identification	radiofrekvenční identifikace
RT	real-time	reálný čas
SCADA	supervisory control and data acquisition	dohledové řízení a získávání dat
SIM	subscriber identity module	účastnická identifikační karta
SMS	short message service	služba krátkých textových zpráv
SMTP	simple mail transfer protocol	protokol pro přenos zpráv
SQL	structured query language	strukturovaný dotazovací jazyk
TCP	transmission control protocol	protokol transportní vrstvy
UMTS	universal mobile telecommunication system	třetí generace mobilních datových sítí
UPS	uninterruptible power supply	zdroj nepřerušovaného napájení
vn	-	vysoké napětí
VZT	-	vzduchotechnika
WWW	world wide web	světová komunikační síť

Seznam obrázků

<i>Obr. 2.1</i>	<i>Koncepce systému automatizovaného sběru technologických dat</i>	<i>21</i>
<i>Obr. 3.1</i>	<i>Příklad struktury automatizovaného sběru dat</i>	<i>23</i>
<i>Obr. 3.2</i>	<i>Ukázka kompenzačního algoritmu</i>	<i>27</i>
<i>Obr. 3.3</i>	<i>Ukázka predikčního algoritmu</i>	<i>27</i>
<i>Obr. 3.4</i>	<i>Liniová topologie PROFIBUS DP se dvěma segmenty</i>	<i>28</i>
<i>Obr. 3.5</i>	<i>Model komunikace klient-server MODBUS protokolu</i>	<i>29</i>
<i>Obr. 3.6</i>	<i>Ukázka aplikace systému PROMOTIC [9]</i>	<i>30</i>
<i>Obr. 3.7</i>	<i>Ukázka aplikace systému Control Web [13]</i>	<i>32</i>
<i>Obr. 3.8</i>	<i>Ukázka aplikace systému Reliance [16]</i>	<i>33</i>
<i>Obr. 4.1</i>	<i>Centrální CPU jednotka SIMATIC S7-1500 [20]</i>	<i>37</i>
<i>Obr. 4.2</i>	<i>Komunikační moduly RS-232 (vlevo) [21] a PROFIBUS DP (vpravo) [22]</i>	<i>38</i>
<i>Obr. 4.3</i>	<i>Digitální karta SIMATIC S7-1500 [23]</i>	<i>38</i>
<i>Obr. 4.4</i>	<i>Systémový napájecí zdroj PS 60W [24]</i>	<i>39</i>
<i>Obr. 4.5</i>	<i>Průmyslový počítač SIMATIC IPC [26]</i>	<i>40</i>
<i>Obr. 4.6</i>	<i>Switch Scalance (vlevo) [27] a PROFIBUS RS485 repeater (vpravo) [28]</i>	<i>41</i>
<i>Obr. 4.7</i>	<i>GSM/GPRS modem (vlevo) [29] a GSM anténa (vpravo) [30]</i>	<i>42</i>
<i>Obr. 4.8</i>	<i>Napájecí zdroj 24 V DC [31]</i>	<i>43</i>
<i>Obr. 4.9</i>	<i>Jednotka UPS (vlevo) [32] a bateriový modul (vpravo) [33]</i>	<i>43</i>
<i>Obr. 4.10</i>	<i>Diagnostický modul [34]</i>	<i>44</i>
<i>Obr. 4.11</i>	<i>Výrobní štítek datového centra</i>	<i>45</i>
<i>Obr. 4.12</i>	<i>Ukázka dispozičního řešení (vlevo) a skutečného provedení (vpravo)</i>	<i>46</i>
<i>Obr. 4.13</i>	<i>Ukázka vývojového prostředí EPLAN Electric P8 2.7</i>	<i>47</i>
<i>Obr. 4.14</i>	<i>Ukázka z dispozičního řešení</i>	<i>49</i>
<i>Obr. 4.15</i>	<i>Rozváděč datového centra</i>	<i>51</i>
<i>Obr. 5.1</i>	<i>Ukázka segmentu z vizualizační obrazovky hlavního elektroměru</i>	<i>53</i>
<i>Obr. 5.2</i>	<i>Struktura proměnných ve správci stanic</i>	<i>55</i>
<i>Obr. 5.3</i>	<i>Vizualizace hlídání čtvrt hodinového maxima</i>	<i>57</i>

Seznam tabulek

<i>Tab. 4.1 Seznam použitých komponent: PLC sestava</i>	<i>39</i>
<i>Tab. 4.2 Seznam použitých komponent: IPC.....</i>	<i>40</i>
<i>Tab. 4.3 Seznam použitých komponent: komunikační zařízení</i>	<i>42</i>
<i>Tab. 4.4 Seznam použitých komponent: zdroje napájení</i>	<i>44</i>
<i>Tab. 4.5 Seznam použitých komponent: diagnostický modul.....</i>	<i>44</i>
<i>Tab. 5.1 Ukázka přehledu proměnných v datových blocích PLC</i>	<i>54</i>

1 Úvod

Diplomová práce se zabývá návrhem systému pro automatizovaný sběr a vizualizaci technologický dat v průmyslovém objektu. Popisuje postup při návrhu rozváděče datového centra a SCADA aplikace pro vizualizaci a řízení energetické spotřeby výrobního podniku. Výsledkem diplomové práce je projektová dokumentace skutečného stavu.

Úvodní část práce obsahuje seznámení se zadávací dokumentací, jejími přílohami a vstupními požadavky zadavatele zakázky. Dále je zde uvedena koncepce navrhovaného systému. Z těchto podkladů vychází i teoretická část, která obsahuje uvedení do problematiky technologických dat. Jelikož je výsledná SCADA aplikace zaměřena především na spotřebu elektrické energie v průmyslu, jsou zde vysvětleny základní pojmy jako činný výkon, jalový výkon, účinník a čtvrt hodinové maximum. Následuje základní popis datové sběrnice PROFIBUS a síť průmyslového Ethernetu, včetně komunikačních protokolů, které byly využity v rámci realizovaného projektu. Teoretickou kapitolu uzavírá popis vybraných SCADA systémů, které patří mezi nejpoužívanější v České republice. Zároveň tento přehled slouží jako vodítko pro výběr vizualizačního nástroje použitého při návrhu a realizaci softwarové aplikace monitorující energetické hodnoty.

Praktická část diplomové práce je zaměřena na konkrétní návrh automatizovaného systému sběru dat dle požadavků stanovených v technické zadávací dokumentaci. Tato část obsahuje specifikaci komponent použitých při návrhu rozváděče datového centra a popis související projektové dokumentace, včetně nezbytných náležitostí potřebných pro její vytvoření. V samostatné kapitole je popsána tvorba aplikace pro sledování a řízení spotřeby elektrické energie ve výrobním podniku. Závěr diplomové práce se věnuje zhodnocení dosažených výsledků při návrhu a realizaci projektu. Ukázka z vytvořené SCADA aplikace a dílčí části projektové dokumentace jsou uvedeny v příloze.

2 Cíl diplomové práce

Cílem diplomové práce byl návrh a realizace nového podnikového systému pro automatizovaný sběr technologických dat a jejich vizualizace pomocí softwarové aplikace. Práce se zabývá návrhem rozváděče datového centra obsahujícího elektrické prvky potřebné pro získávání, ukládání a vyhodnocení naměřených dat v průmyslovém objektu. Zároveň je zde řešena tvorba SCADA aplikace, která monitoruje a zobrazuje energetické údaje z výrobních linek, strojních zařízení a související infrastruktury.

Požadavky na návrh a realizaci projektu jsou definovány v následující podkapitole. Tento projekt byl v praxi skutečně realizován a začleněn do běžného provozu výrobního podniku.

2.1 Zadávací dokumentace projektu

Jelikož se u realizovaného projektu nejednalo o veřejnou zakázku, zadávací dokumentace v tomto případě sloužila pouze jako podklad pro zpracování cenových nabídek oslovených dodavatelů a pro specifikaci technických požadavků vedoucích k naplnění očekávaného stavu. Projekt byl rozdělen do tří segmentů, kdy pro každou část byla poskytnuta zadávací dokumentace zvlášť. V této diplomové práci je řešena pouze první část projektu zahrnující náhradu stávajícího centrálního řídicího systému za nový systém sběru dat a vytvoření aplikace pro vizualizaci a řízení energetické spotřeby v podniku. Další segmenty projektu se zabývají výstavbou průmyslové komunikační sítě a sběru procesních dat ze strojních zařízení a dalších technologií (tyto části projektu nejsou předmětem diplomové práce).

V následujícím textu je uvedeno seznámení s obsahem jednotlivých kapitol technické části zadávací dokumentace. Plné znění je uvedeno v příloze A.

2.1.1 Požadované zvyklosti

V první kapitole zadávací dokumentace objednatel požaduje, aby všechna zařízení týkající se automatizovaného sběru dat byla instalována dle platných legislativních požadavků, bezpečnostních předpisů a norem. U použitých výrobků je předpokládána taková kvalita, která při běžné údržbě zaručuje požadovanou mechanickou pevnost a stabilitu, požární bezpečnost, ochranu zdraví a životního prostředí a v neposlední řadě bezpečnost při jejich užívání. Elektrická zařízení a kabeláž musí splňovat platná ustanovení ČSN a IEC zejména s ohledem na ochranu před úrazem elektrickým proudem, dimenzování vodičů, vnější vlivy a elektromagnetickou kompatibilitu.

Dle požadavků na elektrické rozvody nízkého napětí (nn) je možné použít pouze kabely s PVC izolací a měděným jádrem. Předpokladem je využití stávajících kabelových tras a provedení uložení kabelových vedení dle zásad uvedených v normě ČSN 33 2000-5-52 ed.2. Při nutnosti vytvoření nové trasy je povoleno používat pouze pozinkované žlaby nebo rošty. U datových rozvodů se vyžaduje oddělení od silové kabeláže pomocí samostatných kabelových košů. Pro silové i datové rozvody je podmínkou označení všech kabelů nesmazatelnými štítky na začátku a konci vedení nebo v místě jeho odbočení. Nově dodaný řídicí rozváděč musí být připojen na stávající uzemnění, které je třeba připojit ke kovové konstrukci šroubovým nebo svařovaným

spojem. Stínění kabelů se dle zvyklostí připojuje na uzemnění v rozvaděči. Pro elektrické připojení nového rozvaděče je zadavatelem určena síť TN-S síť se střídavou napájecí soustavou 230 V a kmitočtem 50 Hz. Pro ovládací a pomocné obvody je nutné použít bezpečné malé napětí 24 V DC. V místě předpokládaného umístění zařízení jsou dle dokumentace vnější vlivy stanoveny jako normální.

Zadavatel současně upřesnil své požadavky na vyhotovení projektové dokumentace, kdy požaduje dokumentaci veškerého vybavení nově instalované rozvaděčové skříně, včetně zapojení vnitřní kabeláže. Hranicí zpracování dokumentace je svorkovnice rozdělující vnitřní a vnější kabeláž. Skutečný stav musí být zakreslen do situačního výkresu, který je součástí příloh zadávací dokumentace. Posledním požadavkem je soupis všech vstupních a výstupních signálů řazených dle pozic a adres jednotlivých karet. To se týká nejen nově dodaného řídicího systému, ale sběrného systému jako takového, tedy i všech stávajících decentralizovaných jednotek, které zajišťují sběr dat na různých místech ve výrobním podniku.

2.1.2 Popis stávajícího stavu

Zadávací dokumentace obsahuje také popis současného stavu, tedy stavu před zahájením realizace nového projektu. Jak je z předchozího textu patrné, výrobní podnik již disponoval určitou centrální řídicí jednotkou, která v součinnosti s dalšími decentralizovanými periferiemi rozmístěnými různě v objektu obstarávala sběr dat. Údaje z měřicích zařízení a jiné provozní signály byly připojeny do těchto periferií v závislosti na jejich poloze. K vzájemné komunikaci mezi jednotlivými stanicemi se využívala průmyslová síť PROFIBUS. Stávající systém byl postaven na řídicí jednotce PLC Simatic S7-300, která nedosahovala požadovaného výkonu a konektivity pro připojení moderních technologií. Nezapadala tak do nově zaváděného konceptu pro sběr a vizualizaci technologických dat.

2.1.3 Popis předmětu díla

Záměrem zadavatele byla náhrada stávajícího řídicího systému Simatic S7-300 a vytvoření nového podnikového systému sběru technologických dat, který bude odpovídat současným nárokům a trendům průmyslové automatizace. V této kapitole zadávací dokumentace je specifikován předmět díla. Tím je návrh a realizace řídicího rozvaděče (datového centra), který bude získávat data a komunikovat s jinými stanicemi pomocí stávající sběrnice PROFIBUS a nově zbudované Ethernetové sítě. Součástí dodávky je vytvoření softwarové aplikace pro monitorování, řízení a regulaci energetických odběrů v podniku.

Zadavatel dále v dokumentaci specifikuje veškeré činnosti zhotovitele vedoucí k naplnění požadovaného stavu. V první řadě požaduje ověření technického zadání projektu. Dále provedení demontáže stávajícího hardwarového vybavení řídicího systému a následné likvidace veškerého materiálu a hmot vzniklých při demontážích a realizačních pracích. Následující požadavek se týká dodání veškerého hardwarového a softwarového vybavení, projektové dokumentace skutečného provedení díla, výchozí revize elektroinstalace a všech potřebných licenčních a přístupových klíčů

pro dodatečné úpravy. Poslední požadovanou činností ze strany zadavatele je oživení, kalibrace, funkční zkoušky a uvedení celého díla do provozu.

Důležitou částí zadávací dokumentace je vymezení předmětu plnění neboli funkční požadavky na hardware a software. Informace jsou rovněž klíčové pro správné pochopení kontextu této diplomové práce, proto jsou zde v jednotlivých bodech uvedeny nezbytnosti, které musí výsledné dílo splňovat.

Systém automatizovaného sběru technologických dat musí obsahovat:

- Získávání dat z prvků procesní instrumentace, inteligentních měřicích přístrojů, PLC stanic a jiných decentralizovaných jednotek.
- Získávání dat z měřicích přístrojů s pulsním výstupem.
- Komunikace pomocí sběrnice PROFIBUS.
- Komunikace v síti průmyslového Ethernetu (protokoly TCP/IP, MODBUS).
- Zasílání zvolených událostí pomocí SMS zpráv.
- Vzdálená správa systému (v rámci Ethernetové sítě).
- Zálohované napájení datového centra.
- Běh distribuovaných vizualizačních aplikací na operátorských stanovištích (v rámci sítě).
- Archivace vybraných procesních dat v souborové databázi.
- Možnost rozšiřování systému sběru dat o další měřicí a komunikační prvky v síti.

Softwarová aplikace, určená pro sledování a řízení energetických odběrů musí obsahovat:

- Vizualizace aktuálního výkonu všech měřených zařízení (u transformátorů a hlavního elektroměru včetně jalového výkonu a účinníku).
- Záznam energetických odběrů, které jsou specifikovány v příloze zadávací dokumentace (u hlavního elektroměru včetně historie v členění čtvrt hodina, hodina, den, měsíc).
- Sledování účinníku.
- Monitorování nasmlouvané hodnoty čtvrt hodinového maxima s možností nastavení mezí pro hlášení překročení.
- Regulace spotřeby na základě průběhu čtvrt hodinového odběru prostřednictvím přímého omezení VZT jednotek a nepřímým blokováním podstatných spotřebičů.
- Alarmové hlášení provozních stavů (ochrany transformátorů, stavy vn rozvodů atd.), specifikovaných v příloze zadávací dokumentace.
- Zobrazení průběhu klimatických podmínek rozveden s možností nastavení mezí pro alarmové hlášení.
- Stavové schéma vn rozvodny.

V průběhu návrhu a realizace díla se konaly projektové koordinační schůze, jejichž účelem bylo upřesnění požadavků uvedených v zadávací dokumentaci a zodpovězení dotazů, které se během této doby vyskytly.

2.1.4 Přílohy zadávací dokumentace

V poslední kapitole je uveden seznam příloh zadávací dokumentace. První příloha se týká výkresových podkladů průmyslového objektu, poskytnutých pro účely zakreslení skutečného stavu automatizovaného systému sběru dat. Druhou přílohu představuje dokument, který obsahuje detailní soupis všech adres analogových a digitálních I/O signálů stávajících decentralizovaných jednotek. V případě analogových hodnot se v naprosté většině jedná o měření klimatických podmínek v rozvodnách (teplota, vlhkost). Mezi vstupní digitální signály patří různé provozní stavy, alarmy nebo pulsní odečty z měřicích přístrojů. Digitálními výstupy, uvedenými v dokumentu, lze například blokovat VZT jednotky nebo ovládat signalizaci, která má pro pracovníky výrobního závodu informativní charakter.

Tyto přílohy zadávací dokumentace spolu s osobní prohlídkou stávajícího zařízení slouží jako podklad pro projekční činnost a pro splnění výše uvedených požadavků.

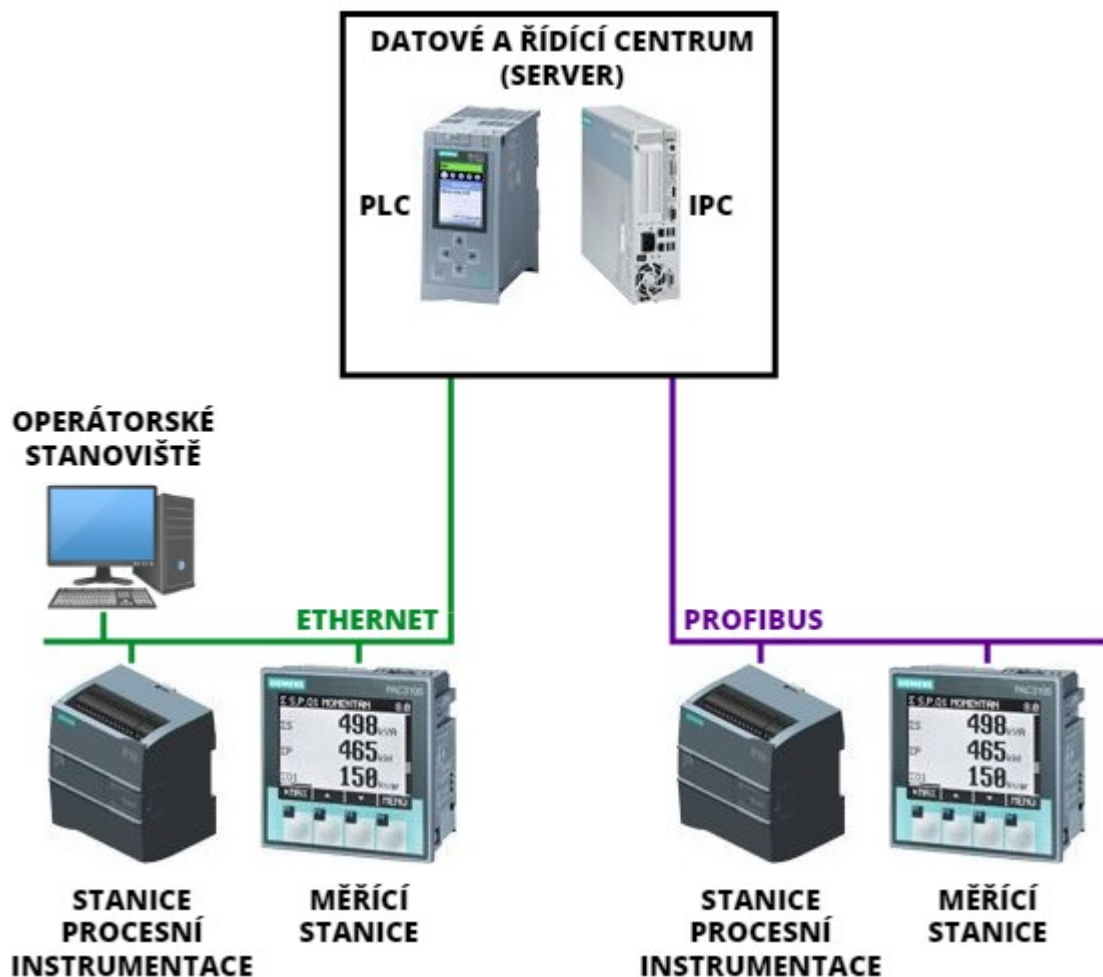
2.2 Koncepce zadaného projektu

Systém sběru dat bude navržen pro průmyslový objekt, který se skládá ze tří výrobních hal, čtyř trafostanic a vstupní rozvodny vysokého napětí (vn). Na těchto místech jsou umístěné stávající decentralní periferie, určené pro sběr převážně energetických hodnot z klíčových technologií, mezi které patří transformátory, distribuční rozváděče, výrobní linky a další zařízení. Smyslem projektu je vytvoření datového centra, které bude řídit sběr technologických údajů pomocí těchto periférií a do budoucna umožní připojení dalších prvků procesní instrumentace či nových moderních modulů. Zároveň poskytne uživatelům grafické rozhraní pro monitorování a řízení vybraných procesů.

Koncepce projektu vychází z požadavků uvedených v zadávací dokumentaci. Tzv. mozkem systému sběru dat bude rozváděč datového centra, obsahující PLC řídicí sestavu (digitální karty, komunikační moduly), průmyslový počítač IPC, GSM komunikátor, zálohovaný zdroj napájecího napětí UPS, jističí přístroje a další elektrické prvky potřebné pro správný chod systému. PLC bude zajišťovat komunikaci s decentralizovanými jednotkami či jinými moduly a pomocí cyklicky vykonávaného programu tak řídit datový sběr. Předpokládá se komunikace v rámci sběrnice PROFIBUS a průmyslového Ethernetu (protokoly TCP/IP, MODBUS/TCP). IPC bude vyčítat z řídicího PLC potřebná data prostřednictvím softwarového systému SCADA, který poběží ve funkci serveru a poskytne tak vizualizaci jednotlivým klientům v síti (operátorským stanovištím). Zároveň se postará o ukládání vybraných hodnot do archivních databázových souborů s příslušnou časovou značkou.

Vytvořená SCADA aplikace bude sloužit pro sledování celkového energetického odběru výrobního podniku, podružného měření (transformátory, výrobní linky, strojní zařízení), klimatických podmínek v rozvodnách a provozních stavů (ochrany transformátorů, alarmy atd.). Sběr údajů o energetické spotřebě ve většině případů probíhá pomocí čítání impulsů z příslušných elektroměrů. Koncepce projektu do budoucna počítá s využitím inteligentních měřicích přístrojů, které lze připojit přímo do sítě průmyslového Ethernetu a získávat tak přesné údaje. Předpokládaným komunikačním protokolem pro přenos těchto hodnot je MODBUS/TCP. Dále navržený software bude na základě výpočetního algoritmu zajišťovat hlídání nasmlouvaného

čtvrthodinového maxima. Při jeho překročení se vypnou příslušné skupiny spotřebičů a zároveň se u zvolených kritických technologií vyhlásí zákaz spouštění nových výrobních procesů.



Obr. 2.1 Koncept systému automatizovaného sběru technologických dat

Na Obr. 2.1 je znázorněn navrhovaný koncept systému automatizovaného sběru dat. Jednotlivé pojmy a podrobný postup při samotném návrhu datového centra a softwarové aplikace jsou vysvětleny v následujících kapitolách této diplomové práce.

3 Teorie sběru a vizualizace dat v průmyslu

V době tzv. čtvrté průmyslové revoluce roste význam digitalizace a automatizace technologických procesů. V tomto ohledu by měla budoucnost přinést jednodušší a efektivnější řízení procesů hlavně v průmyslovém odvětví. Smyslem není pouze nahradit lidskou manuální činnost, ale také zrychlit výrobu, zjednodušit logistiku, zvýšit kvalitu a zároveň snížit výslednou cenu produktu. Technologická data se tudíž stávají hlavní proměnnou v řízení průmyslové výroby či automatizaci budov.

3.1 Automatizovaný systém sběru dat

V problematice automatizovaného sběru technologických dat je důležité od sebe odlišit pojmy data a informace. Data jsou údaje v digitální podobě reprezentované binárním kódem a určené pro další zpracování počítačem (automatem). Informace jsou interpretací dat v takovém kontextu, jenž dává smysl a má nějaký význam. Například čísla uložená v datovém bloku řídicího systému jsou data, ze kterých se stává informace v momentu, kdy jsou prezentována jako teplota vzduchu ve stupních celsia. V současné době jsou systémy schopny zaznamenávat tisíce údajů během vteřiny, a proto je důležité si klást otázku, zda jsou sbíraná data pro danou aplikaci opravdu důležitá a zda uživateli přináší nějakou přidanou hodnotu (informaci).

Zavádění systému pro sběr dat má význam hlavně u větších výrobních společností, kde je potřeba zajistit dohled nad technologickými procesy nebo nad provozem jako takovým. Cílem sběrného systému je data shromažďovat, zpracovávat, ukládat a poskytovat pro další využití. Pomocí pokročilých softwarových nástrojů lze získaná data analyzovat a odhalit tak různé nedostatky ve výrobě nebo predikovat poruchy samotných výrobních zařízení. Na rozdíl od klasických podnikových informačních systémů jsou informace poskytovány jen úzké skupině lidí, případně zařízení spjatých s výrobou či údržbou. Například vedoucímu provozu takový systém nabízí aktuální přehled o výrobě, vytížení strojů, spotřebě energií apod. Technologům umožňuje dohled nad technologickým postupem, kontrolu nastavených hodnot daného výrobního procesu a díky tomu dálkově sledovat realizaci výrobku

Při nasazení automatizovaného sběru dat do výrobního podniku lze jen velmi těžko předem stanovit dobu návratnosti investice. V některých případech se investice nemusí vrátit nikdy, ale to neznamená, že by implementace systému neměla smysl. Eliminace lidského faktoru má pozitivní dopad na celkový objem chybně získaných či zadaných dat. To ve výsledku vede ke zvýšení efektivity a spolehlivosti výrobních procesů. Předpokladem je samozřejmě správné provedení projektu počínaje návrhem až po samotnou realizaci a zprovoznění. Systém automatizovaného sběru dat je potřeba projektovat na míru dle požadavků zákazníka. Ten musí určit oblast použití a poskytnout dostatečné informace o souvisejících výrobních technologiích, případně zajistit odbornou podporu od vedoucího provozu či příslušných technologů.

3.1.1 Struktura automatizovaného systému sběru dat

Systém automatizovaného sběru dat lze rozdělit do tří základních úrovní. Na nejnižším stupni se nachází prvky procesní instrumentace. Jedná se o různé senzory, inteligentní čidla nebo akční členy. Senzory měří skutečnou hodnotu určité veličiny a převádí ji na výstupní signál, jenž je zpracován v nadřazeném měřicím (řídícím) systému na informaci. Čím dál tím víc se využívají inteligentní čidla, u kterých dochází ke zpracování signálu přímo uvnitř přístroje. Na rozdíl od klasických senzorů není třeba sdružovat signály do různých decentrálních periférií, datových koncentrátorů či jiných modulů, které jsou (stejně jako inteligentní čidla) připojeny na průmyslové komunikační sběrnice. Data jsou přenášena v digitální podobě pomocí komunikačních protokolů na úroveň procesního řízení. Tato úroveň představuje druhý stupeň ve struktuře sběru dat a je tzv. mozkem celého systému. Nejčastěji je reprezentována PLC systémy, případně průmyslovými počítači nebo regulátory. Procesní řízení, na základě zjištěných údajů z procesní instrumentace či informací z nadřazeného systému, může například ovládat různé akční členy nebo poskytovat data jiným zařízením v systému. Nejvyšším stupněm hierarchie je nadřazené řízení. Nejedná se o plnohodnotné řídicí systémy, ale spíše o rozhraní mezi člověkem a strojem, které je provozováno nad hardwarovou úrovní. Na operátorských pracovištích se používají například HMI terminály, jenž umožňují přístup k procesnímu řízení a tím i ovládání automatizačních technologií. Pro monitoring, ovládání a vizualizaci technologických dat jsou nasazovány systémy SCADA, kterým se v teoretické části diplomové práce věnuje kapitola 3.5.



Obr. 3.1 Příklad struktury automatizovaného sběru dat

Příklad struktury automatizovaného systému sběru dat je uveden na Obr. 3.1. V kapitole 3.4 jsou uvedeny základní údaje o komunikačních sběrnících a protokolech, které byly využity (v rámci realizovaného projektu) pro komunikaci mezi jednotlivými úrovněmi.

3.2 Rozdělení průmyslových dat

Z pohledu průmyslového provozu lze rozdělit data do různých skupin dle jejich významu. V praxi se nejvíce využívají technologická a výrobní data, ale lze se setkat i s jinými údaji, které spadají například do skupiny dat o nevýrobních aktivitách.

3.2.1 Technologická data

Představují různé údaje týkající se stavů dané technologie a výrobního prostředí. Získaná data mohou být velmi různorodá a lze je využít v odlišných sférách výrobního podniku. Sběr dat je realizován pomocí automatizačních prostředků procesní instrumentace (senzory, měřicí přístroje). Měřené veličiny lze rozdělit na neelektrické a elektrické. U automatizovaných měřicích procesů senzory převádí získanou neelektrickou veličinu na elektrickou. Výsledná hodnota je vyjádřena buď analogově (úroveň napětí nebo proudu), digitálně (binární číslo) nebo pulsně (počet pulsů). Příklad měřených neelektrických veličin:

- průtok (kapaliny, plynu)
- teplota (vzduchu, kapaliny, zařízení)
- vlhkost
- rychlost
- tlak (plynu, kapaliny)
- čas

Elektrické veličiny lze měřit buď přímo pomocí měřicího přístroje, nebo nepřímo pomocí měřicích transformátorů. Vyjádření získaných hodnot je obdobné jako v předchozím případě. Příklad měřených elektrických veličin:

- proud
- napětí
- výkon (činný, jalový)
- spotřebovaná energie

3.2.2 Výrobní data

Klasickým příkladem je sledování počtu zhotovených kusů, zbývajících počtu kusů k výrobě, počet zmetků nebo množství spotřebovaných surovin. Jsou to nezbytné údaje pro operativní plánování výroby v průmyslových podnicích. S plánováním souvisí i data o prostojích, z nichž se vyhodnocují informace o běhu (vytížení) výrobních zařízení a lze tak sledovat dodržování očekávané rychlosti výrobního toku. K tomu mohou být také využity logistické údaje určující pohyb různých materiálů. Data o manipulaci jsou získávána například pomocí čárových kódů, QR kódů nebo za použití RFID čipů. V neposlední řadě je nutné získávat data o kvalitě produktu. Zejména vizuální kontrola kvality byla dříve vykonávána pouze manuálně pomocí k tomu vyškoleného personálu. V dnešní době se daří z velké části tuto činnost automatizovat díky technologii strojového vidění. Díky automatizovanému sběru všech těchto zmíněných výrobních

dat je možné zvyšovat celkovou efektivnost zařízení a poskytovat podklady pro podnikové informační systémy. [1]

3.2.3 Data o nevýrobních aktivitách

Do této kategorie patří veškerá další data, která přímo nesouvisí s technologickými postupy a výrobou jako takovou. Jejich přínos je individuální a nemají výrazný vliv na rentabilitu aplikovaného systému sběru dat. Data o nevýrobních aktivitách si lze představit například jako databázi strojních zařízení, záznamy o technologických činnostech, ale také třeba jako data ze zabezpečovacích systémů. [1]

3.3 Využití energetických dat v průmyslu

Elektrická energie je v dnešní době využívána prakticky ve všech oblastech našeho života. Její přeměnou získáváme například světlo, teplo nebo mechanickou práci. Průmyslová výroba je jedním z největších konzumentů elektrické energie díky čemuž podléhá přísnějším technickým a provozním požadavkům. Jedním z cílů diplomové práce je využití dat pro sledování, řízení a bilancování odběrů elektrické energie ve výrobním podniku, proto jsou zde vysvětleny základní pojmy a vztahy týkající se této problematiky. Uvedené vzorce byly použity při tvorbě výpočetních algoritmů softwarové (vizualizační) aplikace.

3.3.1 Spotřeba elektrické energie

Elektrický výkon je veličina, která vyjadřuje množství vykonané elektrické práce za jednotku času. U střídavých trojfázových obvodů je celkový přenášený výkon označován jako zdánlivý, nemá přímý fyzikální význam, ale v praxi je důležitý například pro dimenzování přírodních vodičů. Skládá se z činné a jalové složky (je výsledkem jejich vektorového součtu). Zdánlivý výkon je dán vztahem (3.1), značí se písmenem S a jeho jednotkou je voltampér (VA).

$$S = \sqrt{3} \cdot U_S \cdot I \text{ [VA]} \quad (3.1)$$

Výkon, přeměněný na užitečnou práci, se nazývá činný a je dán vztahem (3.2). Značí se písmenem P a jeho jednotkou je watt (W). Poměr činného a zdánlivého elektrického výkonu ve střídavém obvodu se nazývá účinník ($\cos \varphi$). Vyjadřuje, jak velká část zdánlivého výkonu je přeměněna na užitečný výkon, respektive ztráty. V případě účinníku rovnému jedné, je zdánlivý výkon roven činnému (veškerá energie je užitečná).

$$P = \sqrt{3} \cdot U_S \cdot I \cdot \cos \varphi \text{ [W]} \quad (3.2)$$

Elektroměry, se kterými se běžně setkáme v domácnostech, měří pouze činnou složku výkonu. Jinak tomu ale je u velkých odběratelů elektrické energie hlavně v průmyslových

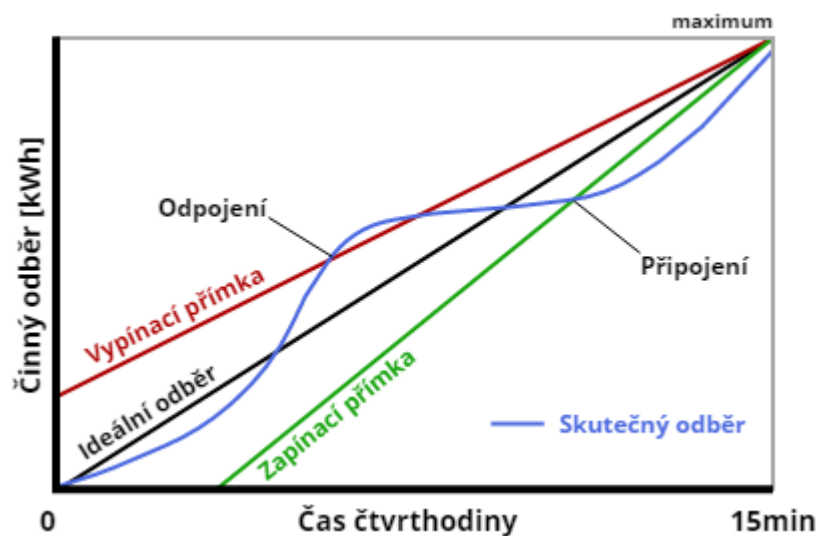
podnicích, kde elektroměry měří i složku jalovou. Střídavé třífázové spotřebiče pracující na indukčním principu odebírají ze sítě navíc "nežádoucí" induktivní jalový výkon, který ale potřebují k vytvoření magnetického pole. Tento výkon se následně vrací zpět do napájecí sítě (přelévá se mezi zdrojem a spotřebičem) a dodatečně k činnému výkonu zatěžuje generátory, transformátory, přenosová vedení atd. Za účelem snížení odběru induktivního jalového výkonu je potřeba dodat výkon opačného (kapacitního) charakteru. Tento proces se nazývá kompenzace a lze ho dosáhnout paralelním připojením kondenzátorů, díky čemuž se vracející jalový výkon přelévá jen mezi kondenzátorem a indukčním spotřebičem (nevrací se zpět do sítě). Podle zákona 458/2000 Sb. má odběratel povinnost kompenzovat jalový výkon odebíraný z rozvodné sítě a zároveň musí zamezit jeho zpětné dodávce (překompenzování). Toho dosáhne udržováním účinníku v požadovaném pásmu 0,95-1. Při jeho nedodržení dochází k penalizaci ze strany distributora elektrické energie. Jalový výkon se značí písmenem Q , jeho jednotkou je var (voltampér reaktanční) a je dán vzorcem (3.3). O kompenzaci jalového výkonu se lze více dočíst ve [2] nebo [3].

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} \text{ [var]} \quad (3.3)$$

3.3.2 Čtvrthodinové maximum

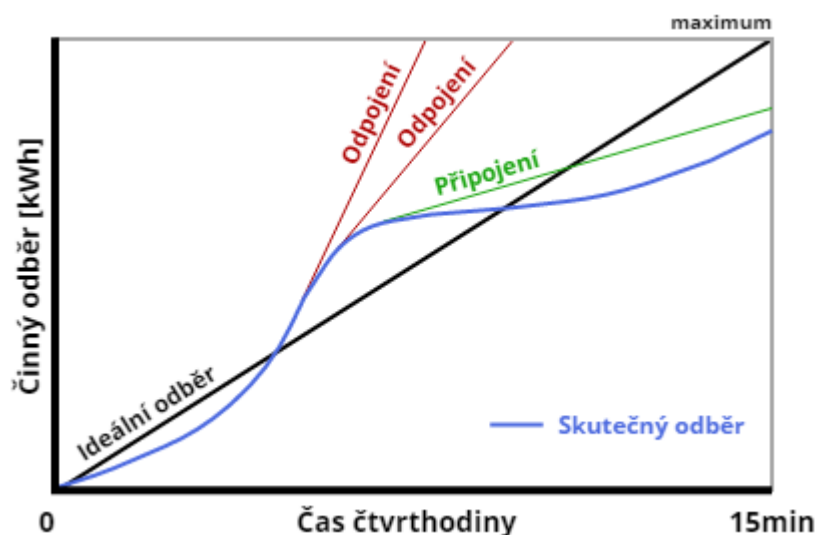
Z hlediska kvalitní dodávky elektrické energie je pro distributora důležité mít na straně uživatelů konstantní spotřebu. Aby nedocházelo k nežádoucím odběrovým špičkám, jsou průmyslové podniky smluvně vázány dodržovat odběr maximálního množství sjednané činné elektrické energie v patnáctiminutovém intervalu (čtvrthodinové maximum). Překročení smluvního limitu je distributorem penalizováno, proto se provozovatelé snaží tuto hodnotu nepřekračovat, a to za pomoci vhodného rozložení energetické spotřeby (plánování výroby), nebo použitím regulačního zařízení. Při aplikování regulátoru je měřen aktuální odběr a v případě překročení nebo hrozícího překročení maximální hodnoty čtvrthodiny (záleží na použitém algoritmu) se automaticky odepnou určené spotřebiče či skupiny spotřebičů. Tím se sníží odběrové špičky a dochází tak k efektivnímu využití nasmlouvané spotřeby elektrické energie. Samozřejmě lze vypínat jen takové spotřebiče, které nenarouší probíhající výrobní procesy nebo nesníží bezpečnost osob (například VZT jednotky). [4]

V praxi se využívají různé regulační algoritmy, případně jejich kombinace. Nejčastěji se lze setkat s kompenzačním a predikčním algoritmem. V případě zjednodušené kompenzační regulace je ideální spotřeba reprezentována přímkou, která v patnáctiminutovém intervalu spojuje počáteční (nulový) a koncový bod, který je roven nasmlouvanému čtvrthodinovému maximu. Toleranční pásmo je ohraničeno dvojicí přímek, sbíhajících se v koncovém bodě intervalu. Pokud skutečný odběr překročí vypínací přímku (horní mez), dojde k odpojení skupiny nadbytečných spotřebičů. V případě poklesu skutečné spotřeby pod zapínací přímku (dolní mez) jsou spotřebiče opět zapnuty. V případě několikasupňové regulace jsou jednotlivé skupiny spotřebičů, na základě nastavených parametrů, odpínány nebo připínány postupně. Příklad kompenzačního algoritmu je uveden na Obr. 3.2. [5]



Obr. 3.2 Ukázka kompenzačního algoritmu

Predikční (trendový) algoritmus je založen na sledování předpovídané spotřeby činné elektrické energie. Predikuje se celková spotřeba energie na konci čtvrt hodiny za předpokladu, že aktuální hodnota výkonu se do konce intervalu už nezmění. V zjednodušeném příkladu dochází k odpojení příslušné skupiny spotřebičů, jestliže by dosavadní průběh odběru vedl k překročení sjednaného limitu. Naopak ke zpětnému připojení dochází při poklesu aktuálního výkonu na takovou úroveň, při které není ohroženo překročení nasmlouvané hodnoty čtvrt hodinového maxima (v rámci sledovaného intervalu). Příklad predikčního algoritmu je uveden na Obr. 3.3. Více se lze dočíst [4] nebo [5].



Obr. 3.3 Ukázka predikčního algoritmu

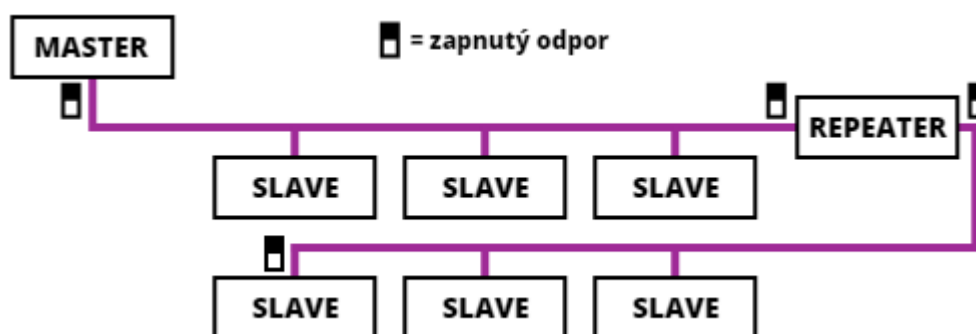
3.4 Datová komunikace

Komunikační sítě (sběrnice) jsou důležitým nástrojem pro sběr a distribuci dat. V současné době existuje velké množství komunikačních protokolů pro průmyslovou aplikaci, sdružených pod jednotným označením fieldbus. Síť tohoto typu slouží k propojení inteligentní procesní instrumentace (inteligentní čidla a akční členy), distribuovaných periférií a dalších komunikačních jednotek s prvky procesního řízení (PLC, IPC apod.). V této diplomové práci jsou uvedeny pouze dvě komunikační průmyslové sítě, které byly využity u realizovaného projektu.

3.4.1 PROFIBUS

Sběrnice PROFIBUS (Process Field Bus) patří k nejrozšířenějším standardům v oblasti průmyslové komunikace. Využívá se u procesní automatizace nebo pro řízení výroby a technologií. Tento protokol má různé varianty (FMS, PA, DP). V průmyslové výrobě dominuje varianta PROFIBUS DP (Decentralized Periphery), která slouží pro rychlou komunikaci typu master/slave mezi decentralizovanými stanicemi.

Topologie sítě PROFIBUS DP je založena na komunikačním standardu RS485, který spojuje jednotlivé stanice. Nejčastěji se používá liniová topologie, kdy jsou stanice propojeny kabelem jedna za druhou a sběrnice je na obou koncích zakončena zapnutým odporem. Síť PROFIBUS je tvořena segmenty (úseky kabelu zakončené zapnutými odpory). Každý segment může obsahovat maximálně 32 stanic. Zařazením opakováče (repeateru) do zapojení lze síť rozdělit na více segmentů a zvýšit tak počet připojených zařízení (maximální počet je omezen na 126 stanic). Na Obr. 3.4 je znázorněna liniová topologie sítě PROFIBUS DP se dvěma segmenty, oddělenými opakováčem. [6]



Obr. 3.4 Liniová topologie PROFIBUS DP se dvěma segmenty

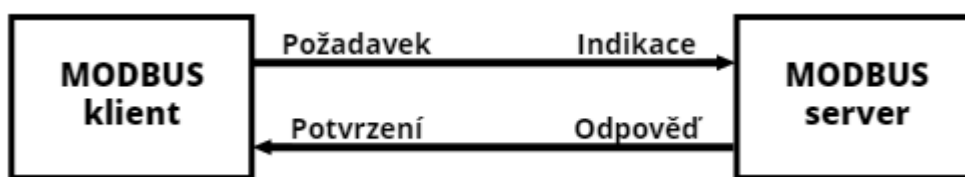
Jako přenosové médium se používá kroucená dvojlinka, která zajišťuje datový přenos o rychlostech až 12 Mbit/s. Žíly jsou barevně odlišeny zelenou (linka A) a červenou (linka B) barvou. Existuje více typů kabelů, ale pro instalaci v běžném vnitřním prostředí je nejčastěji využíván univerzální fialový kabel, který je díky stínění odolný proti rušení. [6]

3.4.2 Průmyslový Ethernet

Průmyslovým Ethernetem (IE) se rozumí obecný Ethernet standard modifikovaný pro průmyslové prostředí a obsahující protokoly, které umožňují řízení v reálném čase. Podobně jako jiné sběrnice propojuje navzájem vzdálené I/O jednotky zajišťující sběr dat a řízení technologií. Hlavními stavebními prvky takových sítí jsou průmyslové routery a switche. Oproti klasickému Ethernetu musí IE sítě splňovat požadavky na mechanickou a elektrickou (šumovou) odolnost, stabilitu hardwaru a softwaru, minimalizaci kolísání odezvy, souběžné plnění požadavků různých komponent atd. V současné době existují různé variace IE, kterými jsou například EtherCad, PROFINET, POWERLINK, EtherNet/IP a Modbus TCP. [7]

Díky IE lze realizovat výkonné a rozsáhlé komunikační sítě s flexibilním uspořádáním komponent. Mezi nejběžnější uspořádání patří liniová a hvězdicová topologie. Jako přenosové médium fyzické vrstvy se používají metalická, bezdrátová nebo optická vedení, jejichž rychlosti přesahují 1 Gbit/s. Jelikož IE vychází z klasického Ethernet standardu, lze díky tomu využívat existující služby, které jsou běžné v intranetu a internetu (SMTP, WWW, FTP). Například některé průmyslové komponenty mají integrovaný webový server, který uživateli umožňuje zařízení vzdáleně monitorovat nebo řídit, a to jen s použitím běžného webového prohlížeče. [7]

Stejně jako u běžné počítačové sítě je i v IE nejpoužívanější skupina komunikačních protokolů TCP/IP. V průmyslových sítích je také velmi rozšířen protokol MODBUS. Je to otevřený komunikační protokol, jenž je využíván pro přenos dat mezi různými prvky procesní instrumentace a procesního řízení. Princip je založen na předávání datových zpráv ve spojení typu klient-server. Jak je z Obr. 3.5 patrné, komunikace probíhá metodou požadavek-odpověď. Žádaná funkce je specifikována kódem, který je součástí požadavku. Verze MODBUS/TCP definuje přenos zpráv za použití prostředků TCP/IP pomocí vložení zprávy do TCP paketu. Díky tomu je možné přistupovat k datům z jakékoliv aplikace v síti, podporující tento standard. [7]



Obr. 3.5 Model komunikace klient-server MODBUS protokolu

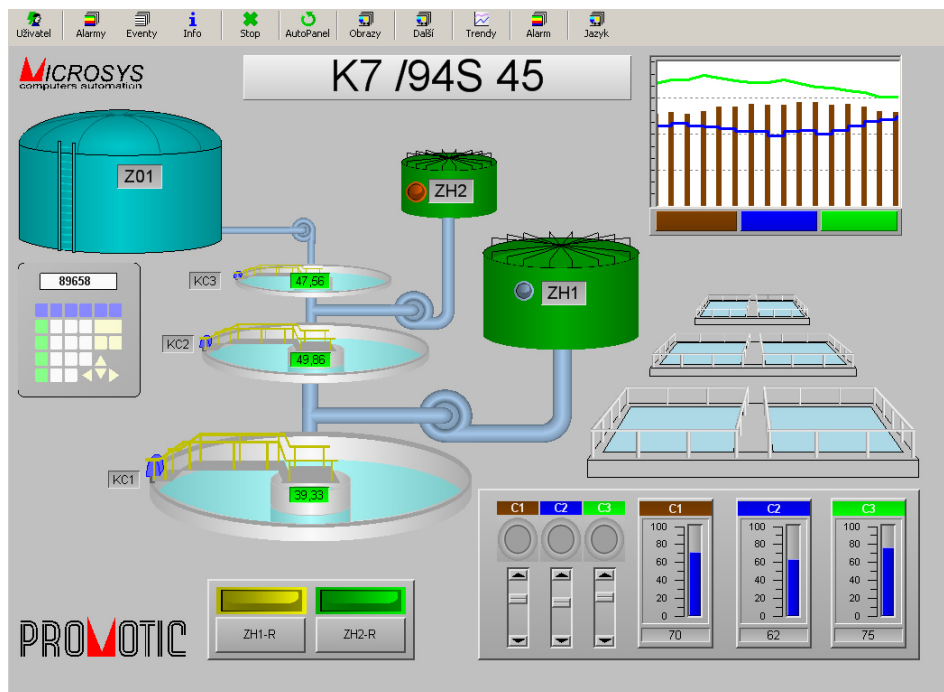
Oproti PROFIBUS standardu přináší IE možnost připojení daleko většího počtu stanic do komunikační sítě a zároveň dosahuje mnohonásobně vyšších přenosových rychlostí na téměř neomezených vzdálenostech (v případě použití aktivních síťových prvků). Možnost využití skupiny protokolů TCP/IP dělá z průmyslového Ethernetu mocný nástroj pro řízení procesů nebo přenos dat s možností jejich vizualizace na jakémkoliv počítači (operátorském stanovišti) v síti.

3.5 SCAD software

Zkratku SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) lze volně přeložit jako supervizní (dohledové) řízení a získávání dat. Jedná se tedy o software, který monitoruje a ovládá technologické procesy prostřednictvím komunikace s hardwarovým řídicím systémem (nejčastěji PLC). Data jsou ukládána do databázi a uživatelé prezentována grafickou formou, například pomocí tabulek, animací, grafů apod. Vizualizace rozhraní je označována zkratkou HMI (Human Machine Interface), což v překladu znamená rozhraní mezi člověkem a strojem. HMI bývá nejčastěji tvořeno grafickými objekty, které zobrazují a předávají informace o stavu zařízení. V současnosti je na trhu dostupná celá řada SCADA systémů, ale ne vždy musí mít stejné vlastnosti. V následujícím textu je uveden krátký přehled vizualizačních nástrojů, s nimiž měl autor této diplomové práce možnost se v praxi setkat a vyzkoušet je. Zároveň patří mezi nejpoužívanějších produkty v České republice.

3.5.1 PROMOTIC

Významným českým distributorem systému SCADA je firma MICROSYS, spol. s r.o., Společnost byla založena již v roce 1991 v Ostravě a od tohoto roku také vyvíjí svůj hlavní produkt PROMOTIC, jenž je aplikován v různých průmyslových odvětvích jak u nás, tak i ve světě. Jde o objektový softwarový nástroj pro tvorbu aplikací, které monitorují, řídí a zobrazují technologické procesy. [8]



Obr. 3.6 Ukázka aplikace systému PROMOTIC [9]

Vývojové prostředí programu PROMOTIC se skládá z editoru aplikace a editoru obrazů. Editor aplikace slouží k tvorbě a úpravě vizualizačního projektu. Definuje se zde stromová

struktura objektů s možností jejich parametrizace a také je zde možné vytvářet skripty tvořené uživatelskými algoritmy. Programování je postaveno na skriptovacím jazyku VBScript se syntaxí Visual Basic. Nadefinované skripty jsou volány na základě událostí (událostně řízené programování) a umožňují přistupovat k metodám a vlastnostem jednotlivých objektů. Editor obrazů slouží ke grafickému návrhu aplikace. Pomocí palety předdefinovaných prvků lze do vizualizačního návrhu vkládat grafické objekty a vytvářet tak grafické uživatelské rozhraní. Každý prvek má volitelné statické vlastnosti, které mohou být napojeny na datovou vazbu. Pomocí datové vazby je možné měnit vlastnosti grafických prvků jako například velikost, pozici, barvu, zobrazovanou hodnotu a tím oživit výslednou aplikaci spouštěnou v runtime prostředí programu PROMOTIC. Velmi užitečným nástrojem pro odladění takovéto aplikace je tzv. INFO systém. Jedná se o informační a diagnostický nástroj, který je implementován ve vývojovém i runtime prostředí. Slouží ke sledování aktuálního stavu systému, přenosu dat, hodnot datových proměnných a dalších důležitých informací týkajících se běžící aplikace. [8]

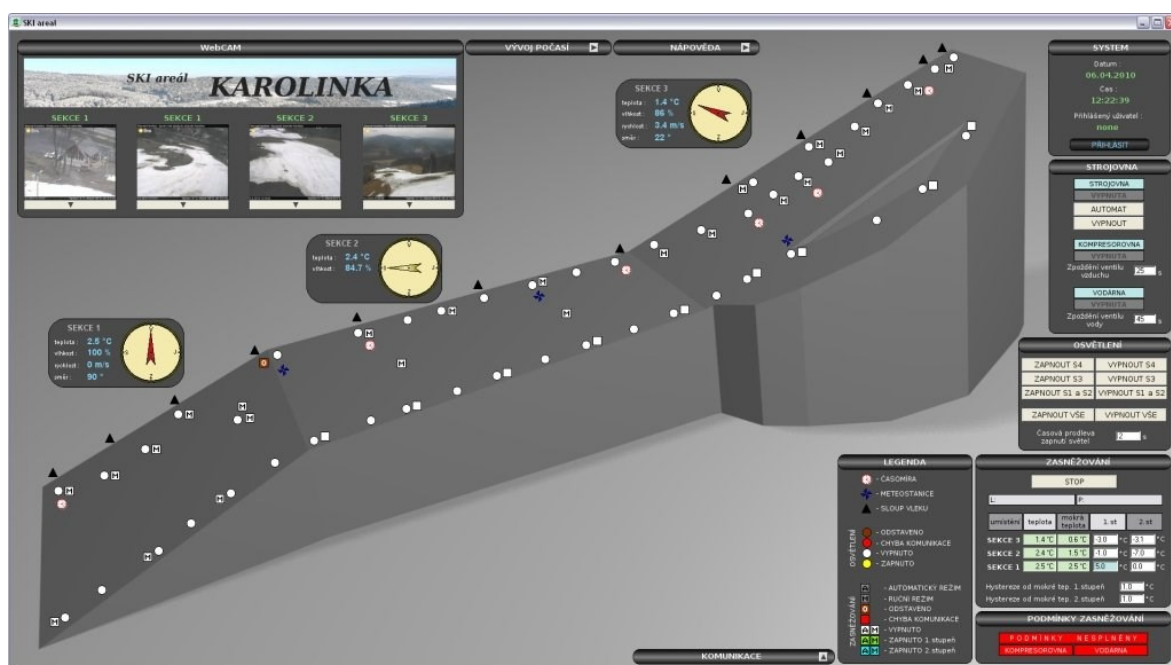
Jako většina SCADA softwarů obsahuje i PROMOTIC další užitečné funkce a nástroje. Většina vizualizačních aplikací se neobejde bez systému trendů, alarmů a událostí (eventů). K práci s daty je možné využít jednoduché souborové databáze (např. dBase, Microsoft Access, Microsoft Excel) nebo sofistikovanější databáze pro větší objem dat s architekturou klient-server (např. FireBird, MS SQL Server, Oracle). Firma MICROSYS nabízí řadu nativních komunikačních driverů pro přístup k řídicím systémům předních výrobců (např. Siemens, Allen Bradley, Mitsubishi) a pro práci s protokoly (MODBUS, M-BUS apod.) nebo lze také využít OPC servery jiných výrobců. V současné verzi (PROMOTIC 9.0) je integrovaný Web server umožňující vzdálené prohlížení aplikace pomocí webového prohlížeče v rámci intranetu či internetu. U vizualizačních aplikací obsahujících maximálně 10 grafických prvků a 30 proměnných je možné využít časově neomezenou freeware verzi softwaru s podporou všech dostupných komunikačních ovladačů. V případě větších projektů je nutné si zvlášť zakoupit vývojové prostředí, runtime prostředí a požadované komunikační drivery. U runtime modulů je navíc cena odstupňována dle celkového počtu použitých proměnných v projektu. Příklad vizualizace v systému PROMOTIC je uveden na Obr. 3.6. Více o tomto SCADA systému se lze dočíst na webových stránkách výrobce [8] nebo v přehledné online dokumentaci [10].

3.5.2 Control Web

SCADA systém Control Web navazuje na svého softwarového předchůdce Control Panel a je produktem zlínské společnosti Moravské přístroje a.s. Společnost se od svého založení v roce 1991 soustředí na vývoj a podporu technologicky vyspělých produktů v oblasti elektroniky a programového vybavení. Výsledkem je nasazení v širokém spektru průmyslových odvětví, školství a různých laboratořích po celé České republice. [11]

Control Web je komplexní vývojový nástroj umožňující tvořit a provozovat aplikační programy v oblasti vizualizace a řízení technologických procesů. Jeho vývojové prostředí se skládá z několika editorů. Vizualizační stránka aplikace se vytváří v grafickém editoru. Zde je možné vkládat širokou škálu objektů z palety přístrojů a následně parametrizovat jejich vlastnosti. Objekty rozumíme virtuální přístroje, které provádí v programu danou činnost a tvoří grafické uživatelské rozhraní. Mohou být napojeny na datové vazby získávané například z PLC stanic nebo mohou být

vázány na veličiny řídící běh aplikace (vnitřní datové elementy). Právě pro definování datové struktury projektu slouží datový editor, pomocí kterého je také možné spravovat komunikační ovladače, databáze, událostní procedury či celkové nastavení vytvářeného projektu. Control Web nabízí jak vývoj aplikací prostřednictvím parametrizace objektů, tak i kompletní programovací jazyk pro tvorbu libovolných algoritmů. Využívá se událostně řízené programování postavené na programovacím jazyce OCL (Object Constraint Language). Při výskytu určité události, která je spjatá s konkrétním virtuálním přístrojem, je volána odpovídající procedura. Událostí rozumíme například stisk klávesy, pohyb myši nebo určitou hodnotu proměnné. Velkou výhodou systému Control Web je ukládání projektů ve formě zdrojového textu, který lze upravovat pomocí integrovaného textového editoru. Využívá se tzv. dvoucestné programování, kdy veškeré změny provedené v grafickém editoru se projeví zároveň i ve zdrojovém textu a naopak. Při dobré znalosti syntaxe lze tedy aplikaci vytvořit čistě textovou formou. Výsledná aplikace se překládá do spustitelné podoby, přičemž pro její fungování je potřeba mít nainstalovaný runtime modul. [12]



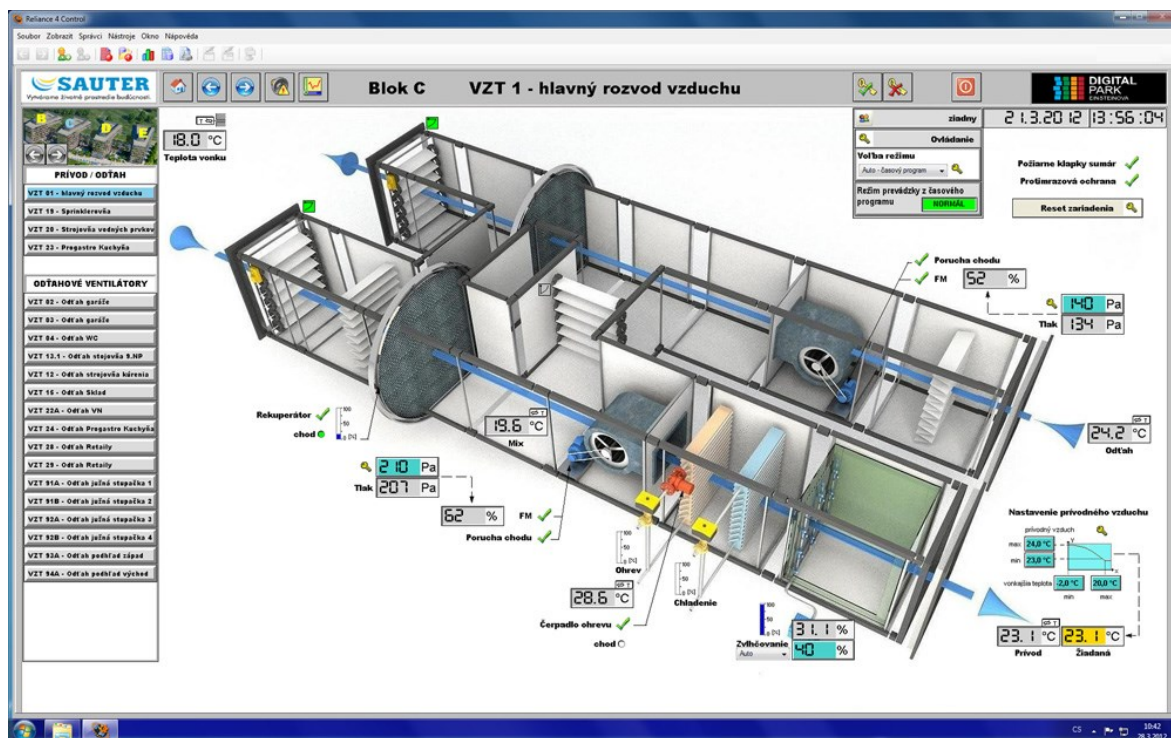
Obr. 3.7 Ukázka aplikace systému Control Web [13]

Control Web dále nabízí komunikační ovladače různých výrobců průmyslových automatů, ovladače pro komunikaci pomocí protokolů (MODBUS, OPC) a podporuje širokou škálu otevřených standardů (TCP/IP, ODBC, HTTP, SQL atd.). Pomocí HTTP serveru lze dynamicky generovat WWW stránky přímo z běžící aplikace a zobrazovat data na intranetu nebo celosvětovém internetu. Control Web je pro integrátory atraktivní hlavně díky příznivé ceně systému i samotných ovladačů. Od verze programu Control Web 8 je vývojové prostředí nabízeno jako freeware s možností testování aplikace po dobu 30 min. Pro trvalý běh je nutné zakoupit runtime licenci, která není omezená počtem použitých proměnných v projektu. Ukázka vizualizace je na Obr. 3.7, více o společnosti a samotném produktu se lze dočíst na webových stránkách [11] nebo ve volně dostupné dokumentaci [12].

3.5.3 Reliance

Dalším významným českým distributorem systému SCADA je pardubická firma GEOVAP, spol. s r.o. Společnost specializující se na sběr a vizualizaci dat byla založena v roce 1991. Od roku 1997 vyvíjí produkt Reliance, který je mezi uživateli oblíben hlavně pro svou intuitivnost a uživatelskou přívětivost. Poslední vydaná verze softwaru nese označení Reliance 4 a je využívána v nejrůznějších oborech po celém světě. [14]

Reliance je SCADA systém určený pro monitorování a ovládání průmyslových technologií a automatizaci budov. Stejně jako jiné podobné systémy se i tento software skládá z vývojového prostředí a runtime modulu. Vývojové prostředí (Reliance Design) je určeno pro návrh vizualizačních aplikací (projektů) a je tvořeno editorovým oknem, které obsahuje hlavní menu, panel nástrojů a paletu komponent. Paleta komponent poskytuje různé vizualizační prvky (přístroje), jako například textová pole, displeje, tlačítka, tabulky apod. Tyto komponenty jsou při tvorbě grafické podoby aplikace vkládány do návrhového okna a pomocí napojení na datovou vazbu jim lze přiřadit funkci (například zobrazení procesních hodnot a stavů). Pro pokročilejší funkce je možné využívat událostně řízené programování postavené na jazyku VBScript a vytvářet tak vlastní skripty. Mocným nástrojem při návrhu aplikace jsou tzv. správci sloužící k prohlížení, vytváření a editaci objektů obsažených ve vizualizačním projektu. Objekty jsou zejména vizuální komponenty a okna, obrázky, texty, počítadla, stanice, databáze, grafy, tabulkové a uživatelské sestavy, receptury a další. Díky těmto správcům je návrh aplikace rychlý a přehledný, což je jedna z předností systému Reliance. [15]



Obr. 3.8 Ukázka aplikace systému Reliance [16]

Vývojové prostředí existuje ve dvou verzích (Desktop a Enterprise). Desktop verze je určena k vytváření lokálních aplikací pro jeden počítač. Enterprise varianta umožňuje tvorbu síťových aplikací a zobrazení vizualizace v internetových prohlížečích, na chytrých telefonech nebo tabletech. Lze také využít tzv. tenké klienty, kteří poskytují vizualizaci vzdáleným uživatelům prostřednictvím sítě internet. [15]

Runtime modul zajišťuje chod navržené vizualizační aplikace na počítači koncového uživatele a slouží k zobrazení nebo ovládání vizualizovaného procesu. Server moduly poskytují data připojeným klientům, což mohou být runtime moduly nebo tenčí klienti (Smart Client a Web Client). [17]

- Reliance 4 View (pouze pro zobrazení procesů)
- Reliance 4 Control (pro zobrazení a ovládání procesů)
- Reliance 4 Server (datový server běžící jako služba Windows)
- Reliance 4 Control Server (datový server s možností zobrazení a ovládání procesů)

Reliance poskytuje také nativní komunikační ovladače zjišťující přenos dat mezi vizualizací a řídícími stanicemi různých výrobců (Siemens, AMiT, Teco). Stejně jako u jiných SCADA systémů je podporována celá řada komunikačních protokolů a otevřených standardů. Tyto drivery včetně vývojového prostředí a runtime modulu podléhají licenční politice. Cena produktů se odvíjí od celkové velikosti projektu, která je dána počtem datových bodů. Počet datových bodů závisí na množství použitých proměnných v projektu a jejich datovém typu. Pro účely vyzkoušení systému Reliance lze využít bezplatnou trial verzi. Ta je ale omezena na 25 datových bodů a není určena pro trvalý běh vizualizační aplikace. Více o způsobech licencování se lze dočíst ve [18]. Ukázka vizualizační aplikace v systému Reliance 4 je uvedena na Obr. 3.8.

4 Návrh a zpracování projektové dokumentace

Projektová dokumentace je soubor výkresů, schémat, textových zpráv a jiných dokumentů potřebných pro naplnění jednotlivých fází přípravy a realizace projektu. Její forma závisí na tom, k jaké konkrétní technologii je určena. Podle rozpracovanosti díla se rozlišují různé stupně projektové dokumentace. Tato diplomová práce se zabývá stupněm DSPS (dokumentace skutečného provedení stavby). Jedná se o soubor dokumentů zaznamenávající konečný stav díla včetně úprav a změn, které byly zjištěny v průběhu realizační a zkušební fáze projektu. Dokumenty se při předávání díla obvykle poskytují v tištěné podobě, ale na základě domluvy se zákazníkem mohou být poskytnuty i v elektronické formě. S ohledem na rozsáhlost navržené projektové dokumentace jsou zde pro účely této diplomové práce popsány a v přílohách uvedeny především tyto části:

- obvodové schéma (kapitola 4.3.2)
- dispoziční řešení (kapitola 4.3.3)
- technická zpráva (kapitola 4.3.4)

Zároveň tato kapitola obsahuje specifikaci komponent použitých při návrhu datového centra (kapitola 4.2) a popis dalších nezbytných náležitostí či úkonů vedoucích k vytvoření výsledné projektové dokumentace.

4.1 Fáze přípravy a realizace projektu

Podle náročnosti a velikosti projektu je vhodné průběh přípravy a realizace členit do jednotlivých fází, které se mohou různě prolínat nebo slučovat. V případě realizovaného projektu bylo postupováno dle tohoto členění:

- 1) fáze přípravná
- 2) fáze zpracování realizační dokumentace
- 3) fáze realizace projektu
- 4) fáze zkoušení a předání

V přípravné fázi byla provedena obhlídka objektu za účelem zmapování stávající infrastruktury. Proběhla kontrola technického stavu PLC stanic, I/O periférií, měřicích zařízení, kabelových rozvodů apod. Tento stav byl nafocen, zakreslen do situačních plánů a slovně popsán. Dále proběhla kontrola technického zadání a poskytnutého seznamu proměnných PLC a zjištěné nedostatky byly prokonzultovány s odpovědnou osobou. Tyto materiály včetně zadávací dokumentace sloužily jako podklad pro vytvoření navrhované koncepce díla a z ní vyplývající cenové nabídky a tzv. přípravné dokumentace.

Fáze zpracování realizační dokumentace projektu zahrnovala výběr jednotlivých komponent dle výše zmíněné koncepce. S ohledem na instalační manuály byl vytvořen přehled rozmístění těchto komponent, což umožnilo výběr rozváděčové skříně datového centra. Dále proběhla tvorba obvodového schématu (elektrického zapojení) vytvořeného pomocí projekčního softwaru EPLAN. Podle zjištění v přípravné fázi projektu stávající signálová a komunikační kabeláž vyhovovala vytvořenému konceptu sběru dat, proto nebyla řešena její výměna, jen se provedla aktualizace situačních plánů. Současně proběhlo doplnění seznamu adres a proměnných

PLC v souladu s nově navrženým systémem. V této fázi byla také zahájena tvorba softwarového vybavení datového centra (PLC softwaru a SCADA aplikace). Výsledek těchto dílčích úkonů vedl k vytvoření realizační dokumentace.

Realizační fáze probíhala po jednotlivých etapách. V první etapě se na základě vytvořeného obvodového schématu vyrobil rozváděč datového centra. V další etapě byla provedena demontáž stávajícího zařízení (rozdávěče s řídicí jednotkou S7-300) a odborná likvidace materiálu a hmot vzniklých při této činnosti. Další krok zahrnoval samotnou instalaci rozváděče na určené místo a zapojení stávající signálové a komunikační kabeláže dle realizačních plánů. V poslední fázi se provedla kontrola zapojení a aktualizace dokumentace na základě zjištěných změn.

Ve fázi zkoušení a předání byl zahájen zkušební provoz zařízení a došlo k odladění softwarové části systému. V první řadě se provedla kontrola funkce programu řídicího systému a porovnání získaných hodnot z měřicích přístrojů s hodnotami v datových blocích PLC. Dále proběhlo testování vizualizační SCADA aplikace a zjištěné nedostatky byly opraveny, čímž vznikla konečná verze softwaru. Všechny změny odhalené při realizační a zkušební fázi se zaznamenaly do výsledné projektové dokumentace DSPS, která obsahovala tyto části:

- specifikace přístrojů
- rozmístění komponent v rozváděči
- obvodové schéma rozváděče
- plán svorkovnice
- plán kabelů
- dispoziční řešení pro umístění rozváděče
- výpočet oteplení rozváděče
- technická zpráva
- protokol o provedení kusové zkoušky rozváděče
- charakteristiky rozhraní
- EU prohlášení o shodě
- přehled adres a proměnných PLC
- PLC a SCADA software

Projektová dokumentace spolu s výchozí revizí byla při uvedení díla do provozu předána zákazníkovi. Více o projektování elektrických zařízení se lze dočíst ve [19].

4.2 Výběr komponent

Při výběru komponent pro navrhované datové centrum byl brán zřetel na funkční požadavky zadávací dokumentace uvedené v kapitole 2.1.3. V následující specifikaci elektrických přístrojů jsou uvedeny jen ty prvky, které mají zásadní vliv na fungování rozváděče datového centra, potažmo na funkci celého systému sběru technologických dat. Na konci každé podkapitoly je uvedena tabulka s konkrétními typy a konfiguracemi použitých přístrojů, včetně jejich označení v obvodovém schématu.

4.2.1 Řídicí systém

Nejdůležitější úrovní ve sktruktuře systému sběru technologických dat je bezesporu procesní řízení. Prvky patřící do této skupiny musí být schopny provádět nepřetržité vyčítání a zpracovávání technologických dat. Z pohledu průmyslové automatizace je pro tyto účely nejlepším řešením programovatelný logický automat PLC.

Dle požadavků zadávací dokumentace bylo potřeba, aby navržený systém komunikoval s jinými řídicími systémy a decentralizovanými periferiemi. Infrastruktura podniku již disponovala stávajícími PLC jednotkami (S7-300, S7-1200) a I/O moduly (ET 200S, ET 200M) značky Siemens. Při volbě řídicího systému se musel brát zřetel hlavně na rozsah a náročnost aplikace, konektivitu s jinými zařízeními, ale také na budoucí rozšiřitelnost. Právě z důvodu plánovaného rozšíření sběru dat o různé další technologie a zařízení, kterých v budoucnu může být až několik stovek, bylo potřeba dimenzovat PLC na co nejvyšší výkon v rámci ekonomických možností.

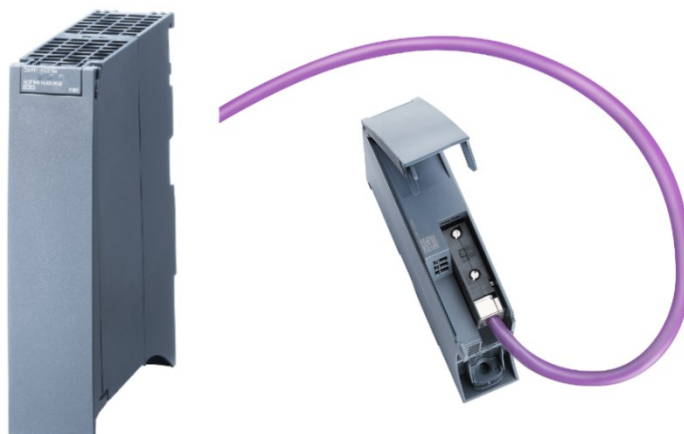
Na základě uvedených požadavků byl vybrán řídicí systém SIMATIC S7-1500 od společnosti Siemens. Jedná se o modulární PLC systém určený pro náročné aplikace, které vyžadují maximální výkonnost a spolehlivou komunikaci. Vyznačuje se vysokou rychlostí zpracování příkazů v procesoru, výkonnou systémovou sběrnici a rychlou odezvou systému. Díky integrovanému rozhraní Profinet lze PLC připojit přímo k síti průmyslového Ethernetu bez nutnosti použití dalšího komunikačního modulu. Samozřejmostí je podpora komunikace s jinými PLC SIMATIC S7 v rámci sítě.



Obr. 4.1 Centrální CPU jednotka SIMATIC S7-1500 [20]

Hlavní článkem řídicího systému SIMATIC S7-1500 je centrální procesorová jednotka (CPU), která je uvedena na Obr. 4.1. Pro navržený projekt byla vybrána konkrétní jednotka s typovým označením CPU 1515-2 PN, která obsahuje dvě komunikační rozhraní Profinet (IRT a RT) sloužící pro cyklický přenos dat. Profinet IRT (Isochronous Real-Time) v překladu znamená izochronní reálný čas a lze využít pro synchronní aplikace. CPU jednotka využívá 500 kB pracovní paměti pro program a 3 MB pro data. Pro provoz je nutné použít speciální SIMATIC paměťovou kartu, která zajišťuje uchování programu i po vypnutí PLC.

V sestavě řídicího systému byly dále použity dva komunikační moduly. První s označením CM PTP RS232 BA umožňuje výměnu dat mezi dvěma zařízeními pomocí sériové linky RS-232. V tomto případě se jednalo o propojení řídicího systému a GSM/GPRS modemu, kterému se věnuje kapitola 4.2.3. Druhý komunikační modul CM 1542-5 slouží pro připojení PLC S7-1500 k průmyslové sběrnici PROFIBUS DP. Díky tomu je centrální jednotka schopna získávat data z decentralizovaných periférií, PLC stanic a měřicích zařízení. Oba dva komunikační moduly jsou uvedeny na Obr. 4.2.



Obr. 4.2 Komunikační moduly RS-232 (vlevo) [21] a PROFIBUS DP (vpravo) [22]

K PLC systému S7-1500 lze připojit až třicet rozšiřujících I/O modulů. Nejčastěji se využívají různé druhy analogových a digitálních karet. Pro navržený projekt byly použity dvě vstupní digitální karty s označením DI 32x24 V DC BA. Každý z těchto modulů obsahuje 32 digitálních vstupů, které obecně zpracovávají dvoustavové signály v rozsahu 0-24 V DC. V případě těchto karet se jednalo o zpracování signálů z ovládacího panelu rozváděče, vnitřní provozní signalizace datového centra (stavy jističů, napájecích zdrojů apod.) a impulsů z měřicích přístrojů. Digitální modul je uveden na Obr. 4.3.



Obr. 4.3 Digitální karta SIMATIC S7-1500 [23]

Posledním použitým prvkem v sestavě řídicího systému PLC je systémový napájecí zdroj s označením SIPLUS S7-1500 PS (60W 24/48/60 V DC), který je zobrazen na Obr. 4.4. Zdroj neusměrňuje vstupní střídavé napětí, jak je tomu u modulů S7-1500 PM, ale v zapojení PLC sestavy zajišťuje napájení systémové sběrnice. Díky tomu není nutné napájet zvlášť centrální CPU jednotku a k ní připojené moduly. Důležitou funkcí tohoto zdroje je jeho schopnost zálohování dat (paměti CPU RAM) při výpadku elektrické energie.



Obr. 4.4 Systémový napájecí zdroj PS 60W [24]

Moduly SIMATIC S7-1500 se neinstalují na klasickou DIN lištu, ale na speciální montážní konzoli (rail), která se vyrábí v různých délkách a provedeních. Přehled použitých modulů je uveden v Tab. 4.1.

Pro účely projektování, konfigurace, programování a diagnostiky řídicích systémů S7-1500 se využívá inženýrský systém TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal). Jedná se o vývojové prostředí, které nabízí neomezený přístup ke kompletnímu portfoliu řešení a služeb pro automatizaci a digitalizaci výrobních procesů. Více o PLC systému SIMATIC S7-1500 a vývojovém prostředí TIA Portal se lze dočíst ve [25].

Tab. 4.1 Seznam použitých komponent: PLC sestava

Označení	Název	Výrobce	Objednací číslo	Počet
-A1	systémový napájecí zdroj PS 60W	Siemens	6ES7505-0RA00-0AB0	1
-A2	PLC S7-1500, CPU 1515-2 PN	Siemens	6ES7515-2AM01-0AB0	1
-A3	komunikační modul RS232	Siemens	6ES7540-1AD00-0AA0	1
-A4	komunikační modul PROFIBUS	Siemens	6GK7542-5DX00-0XE0	1
-A5,6	digitální karta DI 32x24	Siemens	6ES7521-1BL10-0AA0	2

4.2.2 Průmyslový počítač IPC

Ve struktuře sběru technologických dat se na úrovních procesního a nadřazeného řízení využívají tzv. průmyslové počítače IPC (Industrial Personal Computer). IPC jsou v mnoha ohledech podobné klasickým osobním počítačům. Hlavním rozdílem je jejich robustnější provedení a s tím i spojená zvýšená odolnost vůči vnějším vlivům (vibrace, prach, vlhkost apod.). IPC jsou navrženy pro nepřetržité provozování průmyslových aplikací v náročných prostředích.

V navrženém systému sběru dat plní IPC funkci serveru, kdy za pomoci SCADA softwaru Reliance 4 Control Sever získává technologická data z řídicího systému PLC, která následně zpracovává, případně ukládá do databázových souborů. Výsledné informace jsou poskytovány koncovým uživatelům v síti prostřednictvím vizualizačních aplikací. Tím byly splněny požadavky zadávací dokumentace na archivaci dat a běh distribuovaných aplikací.



Obr. 4.5 Průmyslový počítač SIMATIC IPC [26]

Při návrhu datového centra byl vybrán průmyslový počítač SIMATIC IPC627D značky Siemens, který je zobrazen na Obr. 4.5 a jeho konkrétní konfigurace je uvedena v Tab. 4.2. IPC je vybaven výkonným procesorem Core i3-4330TE (2.4 GHz, 4 MB Cache), grafickou kartou Intel HD Graphics 4600, operační pamětí 16 GB (DDR3 1600 DIMM) a dvěma zrcadlenými pevnými disky (RAID1 2x 2,5" SATA) o velikosti 320 GB. Samozřejmě je rozhraní pro připojení sítě průmyslového Ethernetu. Na IPC běží speciální edice operačního systému Windows 10 Enterprise LTSB (Long-Term Servicing Branch) umožňující vynechávat aktualizace funkcí, které mají význam hlavně pro klasické kancelářské počítače. V případě průmyslových aplikací sloužících pouze pro vykonávání jedné specifické činnosti a často běžících v uzavřené podnikové síti, nejsou tyto aktualizace relevantní. Použitá konfigurace IPC je napájena odděleným malým napětím 24 V DC (SELV) a je určena k upevnění na montážní panel.

Tab. 4.2 Seznam použitých komponent: IPC

Označení	Název	Výrobce	Objednací číslo	Počet
-IPC1	SIMATIC IPC627D (Box PC)	Siemens	6AG4131-2FK41-0EX6	1

4.2.3 Komunikační zařízení

Kromě komunikačních modulů v řídicí sestavě PLC, které jsou uvedeny v kapitole 4.2.1, byly použity i další elektronické prvky zajišťující požadovanou konektivitu v navrženém systému sběru technologických dat. Jedná se o přepínač průmyslových sítí, opakovač sběrnice PROFIBUS a bezdrátový GSM/GPRS modem (všechny od výrobce Siemens). Použitím těchto zařízení byly splněny požadavky zadávací dokumentace na komunikaci v sítích PROFIBUS a průmyslového Ethernetu, včetně požadavku na zasílání zvolených událostí pomocí SMS zpráv. Jejich přehled je uveden v Tab. 4.3.

Přepínače (switche) průmyslového Ethernetu umožňují vytvářet elektrické a optické struktury nejčastěji s liniovou nebo hvězdicovou topologií a propojovat tak jednotlivá zařízení nebo celé síťové segmenty. Pro navržený projekt byl použit switch Scalance XC108, který je uveden na Obr. 4.6. Tento výrobek se vyznačuje robustním provedením a vysokým rozsahem pracovních teplot (od $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ až do $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$). Switch obsahuje 8 portů RJ45 s rychlostí přenosu dat až 100 Mbit/s.

PROFIBUS opakovač (repeater) zesiluje datové signály na sběrnici a umožňuje spojení více segmentů. Této problematice se věnuje kapitola 3.4.1. Při návrhu projektu bylo použito zařízení s označením SIMATIC DP, RS485 repeater, které je zobrazeno na Obr. 4.6. Tento typ zařízení propojuje sběrnice PROFIBUS až o počtu 31 segmentů a s maximální přenosovou rychlostí 12 Mbit/s.



Obr. 4.6 Switch Scalance (vlevo) [27] a PROFIBUS RS485 repeater (vpravo) [28]

GSM/GPRS modemy se využívají pro vzdálený monitoring a správu systému pomocí bezdrátového přenosu. Pro tyto účely byl vybrán modem s typovým označením MD720, který je určen pro použití ve stanicích SIMATIC S7. V závislosti na konfiguraci využívá GSM služby jako jsou CSD, GPRS nebo SMS. Komunikace CSD (Circuit Switched Data) se běžně využívá pro údržbu a datová připojení, GPRS (General Packet Radio Service) pro připojení k vzdálenému dispečerskému centru a SMS (Short message service) pro zasílání zpráv z nebo do mobilního

telefonu. K provozování těchto mobilních bezdrátových služeb je potřeba použít vhodnou SIM kartu a GSM anténu, která se umísťuje na konzoli vně rozváděčové skříně. V tomto případě byla použita GPRS/LTE všesměrová anténa s označením ANT794-4MR, která podporuje sítě 2G, 3G, 4G (EU), GSM, UMTS a LTE (EU). Modem i anténa jsou uvedeny na Obr. 4.7.



Obr. 4.7 GSM/GPRS modem (vlevo) [29] a GSM anténa (vpravo) [30]

Tab. 4.3 Seznam použitých komponent: komunikační zařízení

Označení	Název	Výrobce	Objednací číslo	Počet
-A7	switch Scalance XC108	Siemens	6GK5108-0BA00-2AC2	1
-A8	PROFIBUS RS485 repeater	Siemens	6ES7972-0AA02-0XA0	1
-A9	modem MD720	Siemens	6NH9720-3AA01-0XX0	1
-ANT1	anténa ANT794-4MR	Siemens	6NH9860-1AA00	1

4.2.4 Napájecí zdroj

Základním požadavkem na většinu automatizačních aplikací je spolehlivé a stabilní napájení. Přístroje uvedené v předchozích kapitolách pro své fungování vyžadují napájecí napětí 24 V DC, proto byly při návrhu použity napájecí zdroje a příslušenství řady SITOP od společnosti Siemens, a to konkrétně spínané zdroje, jednotky UPS a bateriové moduly. Použitím posledních dvou jmenovaných byly splněny podmínky zadávací dokumentace na zálohované (nepřerušené) napájení zařízení. Konkrétní přehled všech těchto zmíněných zařízení je uveden v Tab. 4.4.

Při návrhu datového centra byly vybrány dva spínané zdroje SITOP smart s typovým označením PSU100S (24 V/10 A). Tento typ zdroje usměřňuje vstupní střídavé napětí v rozsahu 120-230 V na výstupní ss napětí s nastavitelným rozsahem 22,8-28 V s maximálním proudem 10 A. Umožňuje také krátkodobé přetížení až do 150 % jmenovitého proudu po dobu pěti vteřin. Zdroj je zobrazen na Obr. 4.8.



Obr. 4.8 Napájecí zdroj 24 V DC [31]

Napájecí zdroj lze rozšířit o jednotku UPS (Uninterruptible Power Supply) a bateriový modul s integrovanou elektronikou. Takové rozšíření slouží k zálohování (přemostění) výpadků napájecího napětí 24 V DC v řádu několika hodin a zabraňuje tak přerušení napájení u kritických technologií. Při návrhu projektu byla pro oba napájecí zdroje vybrána jednotka nepřerušitelného napájení s typovým označením SITOP UPS1600 (24 V DC/10 A) a bateriový modul SITOP UPS1100.

UPS jednotka umožňuje automatické detekování použitého typu akumulátoru, který nabíjí s optimální proudovou charakteristikou a s řízenou teplotou. Dále poskytuje signalizaci pomocí reléových kontaktů nebo pokročilejší diagnostiku v případě propojení s počítačovou aplikací SITOP UPS Manager. Díky tomu monitoruje všechna relevantní data a zajišťuje tak inteligentní správu baterie. UPS umožňuje nastavit dobu požadovaného zálohování nebo minimální aktivační hladinu napětí. Bateriový modul obsahuje olověný akumulátor s kapacitou 12 Ah a je plně bezúdržbový. Oba rozšiřující moduly jsou uvedeny na Obr. 4.9.



Obr. 4.9 Jednotka UPS (vlevo) [32] a bateriový modul (vpravo) [33]

Tab. 4.4 Seznam použitých komponent: zdroje napájení

Označení	Název	Výrobce	Objednací číslo	Počet
-GU1,2	napájecí zdroj SITOP PSU100S	Siemens	6EP1334-2BA20	2
-UPS1	jednotka SITOP UPS1600	Siemens	6EP4134-3AB00-1AY0	1
-UPS2	jednotka SITOP UPS1600	Siemens	6EP4134-3AB00-0AY0	1
-BAT1,2	bateriový modul SITOP UPS1100	Siemens	6EP4135-0GB00-0AY0	2

4.2.5 Diagnostický modul

Pro účely hlídání přetížení a zkratových proudů v napěťové soustavě 24 V DC byly u navrhovaného projektu použity diagnostické moduly s typovým označením SITOP PSE200U (10 A). Pomocí modulu lze rozdělit zatěžovací proud do čtyř větví (kanálů) a monitorovat tak jednotlivé dílčí proudy. Umožňuje rychle detekovat přetížení či zkraty a poté selektivně odpojit postižený okruh. Pro každý kanál je možné nastavit pomocí potenciometru maximální proudové zatížení v rozsahu 3-10 A. Dále diagnostický modul obsahuje vstup a výstup pro vzdálené ovládání (zapnutí/vypnutí), respektive vzdálené hlídání jednotlivých okruhů pomocí PLC systému SIMATIC S7. Zároveň každý kanál lze ovládat manuálně prostřednictvím tlačítek s příslušnou vizuální indikací. Modul je zobrazen na Obr. 4.10 a konkrétní konfigurace je uvedena v Tab. 4.5.



Obr. 4.10 Diagnostický modul [34]

Tab. 4.5 Seznam použitých komponent: diagnostický modul

Označení	Název	Výrobce	Objednací číslo	Počet
-FA5,6	diagnostický modul SITOP PSE200U 10A	Siemens	6EP1961-2BA41	2

4.3 Návrh rozváděče datového centra

Rozváděč nn je definován jako: *kombinace jednoho nebo více spínacích přístrojů nn spolu s přidruženými řídicími, měřicími, signalizačními, ochrannými, regulačními zařízeními, se všemi vnitřními elektrickými a mechanickými propojeními a konstrukčními částmi [35].* K návrhu a výrobě rozváděče se vztahuje soubor norem ČSN EN 61439 (sekce 2 až 7).

Bezpečnost elektrotechnických výrobků, mezi které patří i rozváděč, řeší zákon č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů. Podle zákona č. 90/2016 Sb., o posuzování shody stanovených výrobků při jejich dodávání na trh, ve znění pozdějších předpisů, je výrobce povinen, po splnění všech požadavků na výrobek, vystavit EU prohlášení o shodě a umístit na něj označení CE. Shoda nastává v případě, že je výrobek v souladu s příslušnou harmonizovanou normou a nařízením vlády. V případě rozváděčů se jedná o nařízení vlády č. 117/2016 Sb., o posuzování shody výrobků z hlediska elektromagnetické kompatibility při jejich dodávání na trh, a o nařízení vlády č. 118/2016 Sb., o posuzování shody elektrických zařízení určených pro používání v určitých mezích napětí při jejich dodávání na trh.

Při předávání rozváděče je potřeba doložit především tyto náležitosti, které jsou zároveň součástí výsledné projektové dokumentace:

- štítek výrobce s CE označením
- obvodové schéma
- dispoziční řešení
- technická zpráva
- protokol o kusové zkoušce
- charakteristiky rozhraní
- EU prohlášení o shodě



Obr. 4.11 Výrobní štítek datového centra

Navržené datové centrum spadá do kategorie výkonových rozváděčů, proto se postupovalo v souladu s normou ČSN EN 61439-2 ed. 2 (Rozváděče nízkého napětí - Část 2: Výkonové rozváděče). Identifikační údaje, včetně zmíněné normy a označení CE, jsou uvedeny na výrobním štítku, který je zobrazen na Obr. 4.11. Více se lze dočíst ve [35] a [36].

4.3.1 Uspořádání komponent v rozváděči

Za účelem výběru vhodné rozváděčové skříně je potřeba vytvořit orientační uspořádání komponent. Na rozmístění jednotlivých prvků mají zásadní vliv informace uvedené v příslušných uživatelských návodech, kde jsou popsány technické parametry výrobků a požadavky na jejich instalaci. Pro přesný dispoziční koncept je nezbytné znát skutečné rozměry montážní desky uvažovaného rozváděče.

Kromě komponent popsaných v kapitole 4.2 byly při tvorbě datového centra použity další ochranné, spínací a ovládací prvky. Při návrhu jejich uspořádání se využila tzv. bloková makra, která po importování do projekčního nástroje EPLAN, umožnila grafické vykreslení komponent ve skutečném měřítku. Takto vytvořený přehled následně posloužil pro výběr konkrétní rozváděčové skříně SE 5831.500 od výrobce Rittal s výškou 1800 mm, šířkou 800 mm a hloubkou 400 mm. Při návrhu byl brán zřetel i na možnost budoucího rozšíření, proto se počítalo s minimálně 20 % volného místa. Na Obr. 4.12 je vlevo zobrazena ukázka (výřez) z dispozičního uspořádání komponent a vpravo skutečné provedení montážního panelu.



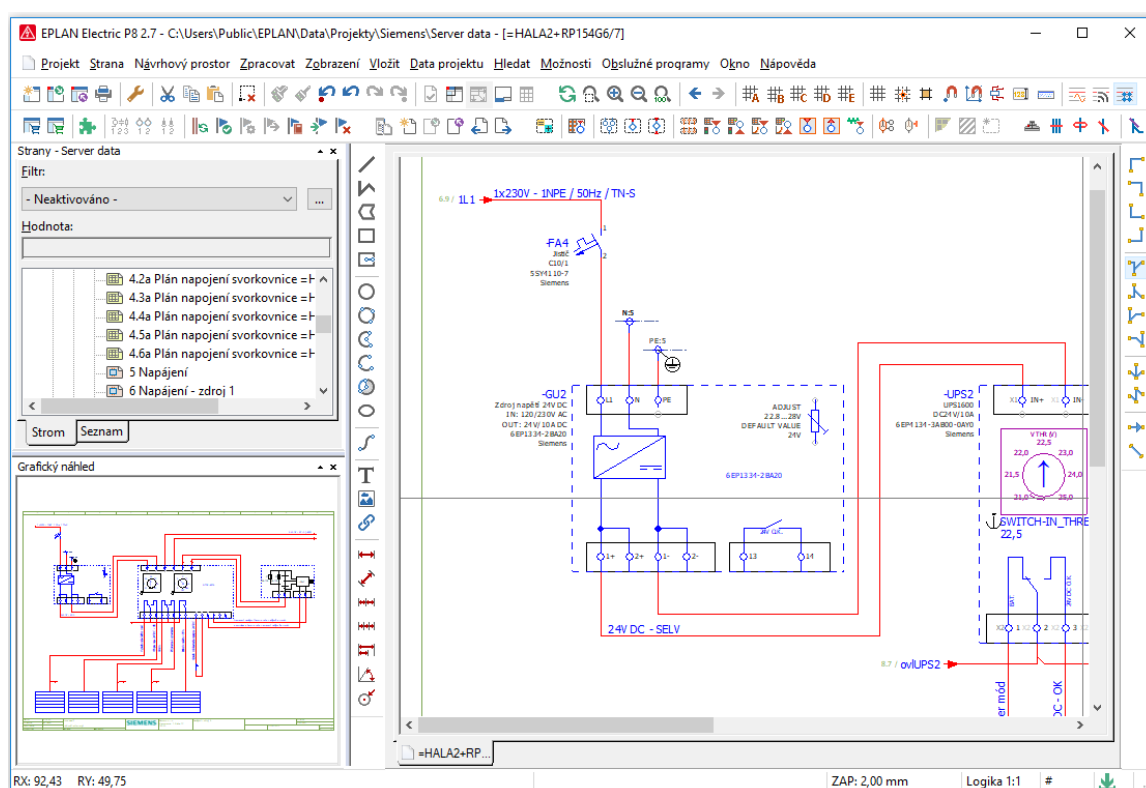
Obr. 4.12 Ukázka dispozičního řešení (vlevo) a skutečného provedení (vpravo)

4.3.2 Obvodové schéma

Mezi nejdůležitější části projektové dokumentace patří obvodové schéma, které graficky znázorňuje elektrické zapojení vybraných komponent reprezentovaných schématickými symboly a vyjadřuje tak jejich funkci. Tvorba takových dokumentů podléhá pravidlům uvedeným v technické normě ČSN EN 61082-1 ed. 3 (Zhotovování dokumentů používaných v elektrotechnice - Část 1: Pravidla). Obvodové schéma má význam nejen u realizační fáze projektu, ale je i povinnou součástí zařízení po celou dobu jeho provozování. Umožňuje provádění preventivních či revizních kontrol nebo servisních zásahů v případě poruchy.

V současné době existuje celá řada projekčních nástrojů, pomocí kterých lze obvodové schéma nakreslit. Pravděpodobně nejrozšířenějším je komplexní software EPLAN Electric P8, který poskytuje širokou škálu možností při tvorbě projektové dokumentace a zároveň splňuje normované požadavky na zhotovování těchto dokumentů uvedených ve [37]. Jednou z největších předností je možnost využití datového portálu (EPLAN Data Portal), který umožňuje uživatelům přistupovat online k různým komponentům vybraných výrobců a vkládat je do navrhovaného projektu.

Za účelem vytvoření projektové dokumentace systému sběru technologických dat byla použita verze projekčního softwaru EPLAN Electric P8 2.7. Ukázka návrhového prostředí je uvedena na Obr. 4.13.



Obr. 4.13 Ukázka vývojového prostředí EPLAN Electric P8 2.7

Postup při vytváření obvodového schématu v programu EPLAN se může lišit v závislosti na rozsahu a typu projektu. V případě návrhu zapojení rozváděče datového centra byly provedeny následující dílčí kroky:

- 1) založení projektu a vyplnění vstupních informací
- 2) vytvoření struktury projektu
- 3) kreslení schématu zapojení
- 4) generování přehledů a seznamů
- 5) export dokumentace do souboru

Založení projektu zahrnovalo výběr předdefinované šablony a zadání vstupních informací jako například názvu a čísla zakázky, místa instalace, roku výroby apod. Při vytváření struktury projektu byla uplatněna norma ČSN 81346-1, která určuje základní pravidla strukturování a referenčního označování průmyslových systémů a instalací. V navrženém projektu je struktura následující:

- (=) označení vyšší úrovně (budova)
- (+) umístění předmětu (rozdávěč)
- (-) identifikace předmětu (zařízení)

Kreslení schématu elektrického zapojení se provedlo pomocí vkládání příslušných symbolů, spojových čar, přístrojů a blokových maker. Zároveň bylo nutné postupovat v souladu s platnými normami, požadavky zadávací dokumentace a s pokyny výrobců komponent uvedených v příslušných produktových manuálech.

Na prvních stránkách elektrického zapojení je řešeno připojení k rozvodné střídavé soustavě 230 V, přepětová ochrana zařízení, napájení a jištění spínaných zdrojů, zálohování a jištění napěťové soustavy 24 V DC (SELV) atd. Následuje část zapojení věnovaná ovládání a signalizaci datového centra. Je zde nakresleno manuální odpojování zálohovaného napájení a indikace provozních stavů pomocí signálů (výpadek napájení, vybití baterií apod.). V poslední části elektrického schématu je řešen průmyslový počítač a jednotlivé moduly řídicího systému PLC, a to především zapojení karet pro digitální vstupy z vnitřní signalizace datového centra a pro sběr dat z elektroměrů s pulsním výstupem. Dále je zde uvedeno zapojení komunikačních modulů zajišťujících zasílání zvolených SMS zpráv, připojení na sběrnici PROFIBUS a připojení k síti průmyslového Ethernetu. Elektrické schéma je současně doplněno o další grafické či textové informace usnadňující pochopení dané problematiky.

Po dokončení kreslení elektrického schématu proběhlo generování plánu napojení svorkovnice, seznamu kabelů a obsahu stran. Tyto automaticky vytvořené seznamy umožňují rychlejší orientaci v dokumentaci a vykonávat tak různé úkony efektivněji. Zvláště pak plán napojení svorkovnice slouží pro přehledné zapojení kabelů při realizační fázi projektu.

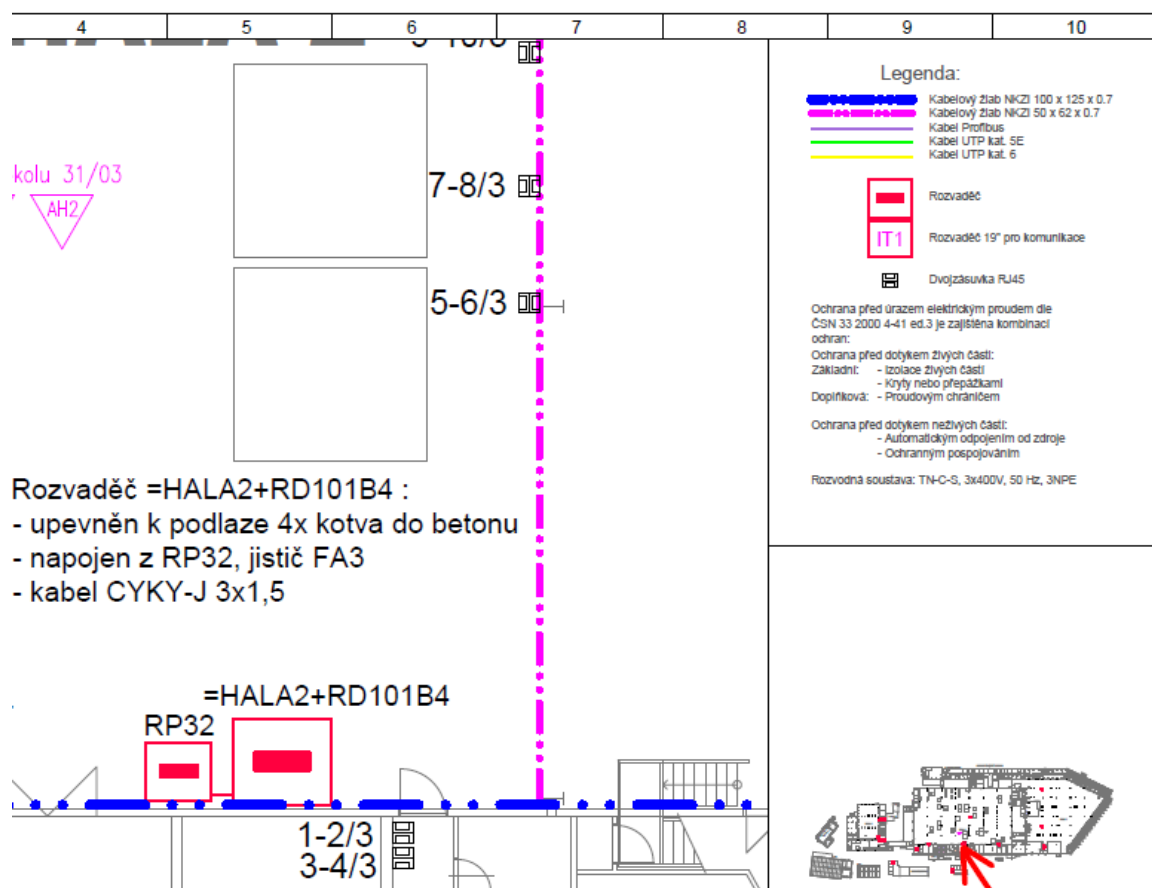
V posledním kroku se provedl export stránek obvodového schématu do souboru PDF. Zákazníkovi byla dokumentace předána v tištěné i elektronické podobě spolu se zbytkem projektové dokumentace. Výsledné obvodové schéma datového centra, které je uvedeno v příloze B, obsahuje tyto části:

- titulní strana
- obsah
- PROFIBUS síť
- informace o rozváděči
- systém značení
- plán svorkovnic
- seznam kabelů
- dispoziční uspořádání
- elektrické schéma

4.3.3 Dispoziční řešení

Dispoziční řešení obecně obsahuje prostorové umístění zařízení a způsob propojení příslušných částí instalace. Zobrazuje například umístění rozváděče v budově a kabelové trasy, které s ním souvisí. V praxi se lze setkat s dalšími názvy jako je layout či situační schéma. Podkladem pro zakreslení dispozičního řešení v případě elektrických instalací bývají nejčastěji stavební výkresy, které jsou poskytovány především v elektronické podobě ve formátech DXF nebo DWG. Výsledná dokumentace je zákazníkovi zpravidla předána v tištěné podobě ve větším měřítku (např. 1:500).

K tvorbě výkresů se využívají tzv. CAD software (Computer-Aided Design), což lze přeložit jako počítačem podporované projektování. Tyto programy umožňují vytvářet 2D nebo 3D struktury pomocí grafických, geometrických a výpočetních nástrojů. Asi nejrozšířenějším představitelem těchto aplikací je software AutoCAD od společnosti Autodesk.



Obr. 4.14 Ukázka z dispozičního řešení

Zakreslení skutečného stavu navrženého systému sběru technologických dat bylo provedeno pomocí CAD software DraftSight od společnosti Dassault Systemes. Tato aplikace umožňuje tvorbu a editaci DXF a DWG souborů, díky čemuž lze zpracovávat požadované výkresy. Použitá základní verze DraftSight Standard obsahuje všechny důležité funkce a nástroje potřebné

pro vytváření a úpravu dispozičních schémat. V době realizace projektu byla tato verze nabízena zcela zdarma i pro komerční užití.

Jak je popsáno v kapitole 2.1.4, příloha zadávací dokumentace obsahovala výkresové podklady výrobního podniku. Ty se využily již v přípravné fázi projektu, kdy proběhlo zmapování stávající infrastruktury PLC stanic a jiných decentralizovaných I/O periférií. Do těchto podkladů se následně během realizační fáze zakreslil skutečný stav instalace, který byl doplněn o další textové a grafické údaje. Ukázka výkresu, který je součástí výsledné projektové dokumentace, je zobrazena na Obr. 4.14 a kompletní dispoziční řešení systému sběru technologických dat je uvedeno v příloze C.

4.3.4 Technická zpráva

Projektová dokumentace DSPS podává komplexní informace o realizovaném díle. Informace jsou prezentovány v podobě grafické (např. výkresy) či v textové, mezi něž patří i souhrnná technická zpráva. Je to tedy textová dokumentace, která obvykle doprovází výkresovou část projektu a obsahuje základní údaje, technické řešení či další důležité informace spojené s výsledným dílem.

U realizovaného systému sběru technologických dat vznikala technická zpráva současně s návrhem projektu. Výsledný textový dokument je rozdělen do těchto kapitol:

- 1) základní údaje projektu
- 2) základní technické údaje
- 3) elektrická revize
- 4) koncepce řešení
- 5) společná ustanovení

V první kapitole technické zprávy jsou uvedeny základní údaje jako je název akce, místo stavby, umístění v objektu, stupeň projektu (DSPS) a identifikační údaje objednatele a dodavatele díla. Následují všeobecné informace, kde je popsán předmět a rozsah projektu, včetně podkladů pro jeho zpracování, mezi které patří například zadávací dokumentace a stavební výkresy výrobního podniku. Druhá kapitola souhrnné zprávy je věnována základním technickým údajům a obsahuje především tyto části:

- rozvodné soustavy
- vnější vlivy (určené samostatným protokolem)
- ochrana před nebezpečným dotykovým napětím živých a neživých částí
- zkratové údaje
- ochrana proti zkratu a přetížení
- druh a způsob uzemnění
- výkonová bilance

Jelikož navržený rozváděč slouží pouze jako datové centrum, způsob měření elektrické energie, kompenzace účinníku a filtrace vyšších harmonických není předmětem díla čili ani technické zprávy. V třetí části dokumentu je řešena elektrická revize zařízení, kde je stanovena požadovaná lhůta pravidelné revizní kontroly (jednou za pět let) a zároveň kapitola upřesňuje

požadavky na její provádění. Čtvrtá kapitola s názvem koncepce díla obsahuje popis řešeného projektu datového centra, včetně jeho ovládání a provozních stavů. Současně jsou zde uvedeny použité předpisy a normy, ze kterých se při návrhu vycházelo. Poslední část dokumentu shrnuje společná ustanovení. Tyto informace společně se všemi výše zmíněnými body jsou popsány ve výsledné technické zprávě, která je uvedena v příloze D. Konečná podoba rozváděče datového centra je zobrazena na Obr. 4.15.



Obr. 4.15 Rozváděč datového centra

5 Návrh aplikace v systému Reliance

Jedním z cílů realizovaného projektu bylo vytvoření vizualizačního softwaru umožňujícího sledování a řízení spotřeby elektrické energie ve výrobním podniku a hlídání provozních stavů klíčových technologií. Tato diplomová práce se zabývá návrhem aplikace ve SCADA systému Reliance 4 popsáném v kapitole 3.5.3. V následujícím textu jsou uvedeny a popsány důležité kroky vedoucí k naplnění všech požadavků zadávací dokumentace projektu. Mezi ně například patří vytvoření uživatelského rozhraní, nadefinování datových proměnných a alarmů, tvorba skriptů nebo komunikace v síti.

5.1 Uživatelské rozhraní aplikace

Jelikož v realizovaném projektu bylo zapotřebí poskytovat vizualizační informace distribuovaným způsobem, použilo se vývojové prostředí Reliance 4 Design Enterprise. Tato verze umožňuje vytváření propojených síťových aplikací s neomezeným počtem koncových uživatelů. V případě výrobního podniku se jedná o počítače na operátorských stanovištích, které skrze vytvořené aplikace mohou sledovat či ovládat různé technologické procesy.

Při vytváření uživatelského rozhraní je potřeba znát základní vstupní informace o počítači koncového uživatele. Nejdůležitějším parametrem je rozlišení zobrazovacího displeje, od kterého se odvíjí velikost zobrazovacího okna a tím i celý grafický návrh. Obecně platí, že čím vyšší hodnota rozlišení, tím ostřejší a detailnější je výsledný obraz. U navrhované aplikace bylo použito Full HD rozlišení (1920 x 1080 pixelů), které umožňuje efektivnější využití návrhového prostoru.

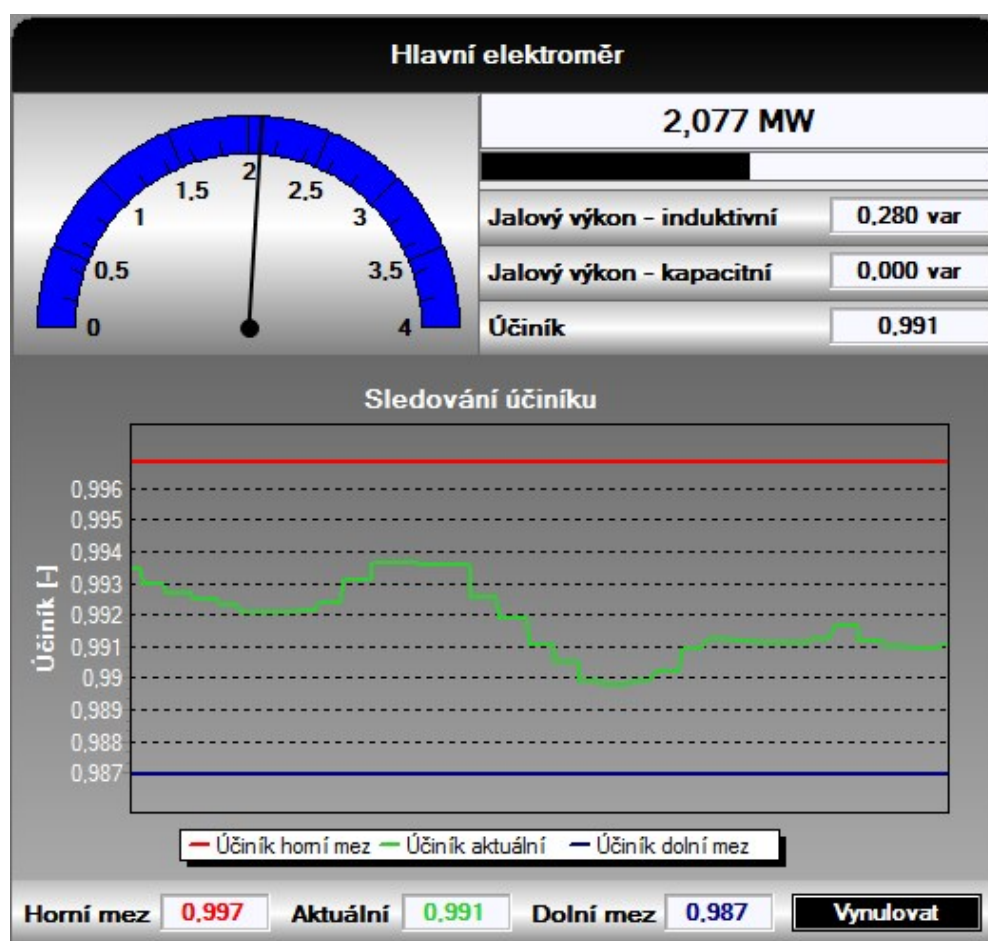
Za účelem zpřehlednění vizualizace bylo uživatelské prostředí rozděleno do jednotlivých záložek, které zobrazují především následující vizualizační obrazovky:

- přehled výrobního areálu
- stavové schéma vstupní rozvodny
- hlavní elektroměr
- trafostanice TS1
- trafostanice TS2
- trafostanice TS31
- trafostanice TS32
- přehled pecí
- čtvrt hodinové maximum
- správa alarmů

V přehledu výrobního areálu je zobrazena mapa, ve které jsou vyznačeny jednotlivé rozvodny elektrické energie, včetně jejich aktuálních výkonů. Obrazovka vstupní rozvodny vykresluje schéma vn zapojení a zobrazuje signalizační stavy mezi něž patří například polohy odpínačů, uzemňovačů, vypínačů nebo stavy elektronických ochran Sepam. Na záložce s hlavním elektroměrem jsou uvedeny hodnoty celkového činného a jalového (induktivního a kapacitního) výkonu či sledování účinníku. Celkový elektrický výkon podniku a klimatické podmínky rozvodny jsou zobrazeny v samostatných plovoucích grafech. Následují obrazovky jednotlivých trafostanic (TS1, TS2, TS31 a TS32), kde jsou zobrazeny hodnoty výkonů příslušných transformátorů

a podružných technologií mezi něž patří přípojnícové systémy, elektrické pece, výrobní linky, osvětlení haly apod. Stejně jako v předchozím případě jsou výkony transformátorů a klimatické podmínky rozvodu zobrazeny v plovoucích grafech. Další záložka uvádí souhrnný přehled výkonů pecí, které patří mezi největší odběratele elektrické energie. Obrazovka čtvrt hodinového maxima obsahuje vizualizaci hlídání nasmlouvané hodnoty odběru, včetně regulace spotřeby na základě predikčního algoritmu. Velmi důležitou částí je správa alarmů, kde jsou monitorovány veškeré provozní stavy a v případě neočekávané poruchy je uživatel na tuto skutečnost upozorněn.

Vytvořením všech těchto obrazovek byly splněny požadavky zadávací dokumentace na vizuální stránku SCADA aplikace.



Obr. 5.1 Ukázka segmentu z vizualizační obrazovky hlavního elektroměru

Na Obr. 5.1 je uveden segment z vizualizační obrazovky hlavního elektroměru, kde je za použití grafických objektů zobrazena velikost činného a jalového výkonu ve výrobním podniku. Pomocí plovoucího grafu je sledována nejvyšší a nejnižší dosažená hodnota účinníku, která by se v ideálním případě měla blížit jedné a zároveň by neměla poklesnout pod hodnotu 0,95.

5.2 Datová vazba

Grafické prvky lze napojit na datovou vazbu, pomocí které je možné dynamicky měnit jejich vlastnosti. Například komponenta displej dokáže zobrazovat aktuální hodnoty proměnných, které jsou v nástroji Reliance rozděleny na vnitřní a fyzické. SCADA systémy primárně slouží pro získávání dat z prvků procesního řízení (PLC, telemetrické jednotky apod.) Tyto podřízené hardwarové systémy jsou v projektu reprezentovány pomocí tzv. stanic. Každá stanice obsahuje fyzické proměnné, které umožňují čtení nebo zápis dat v různých formátech.

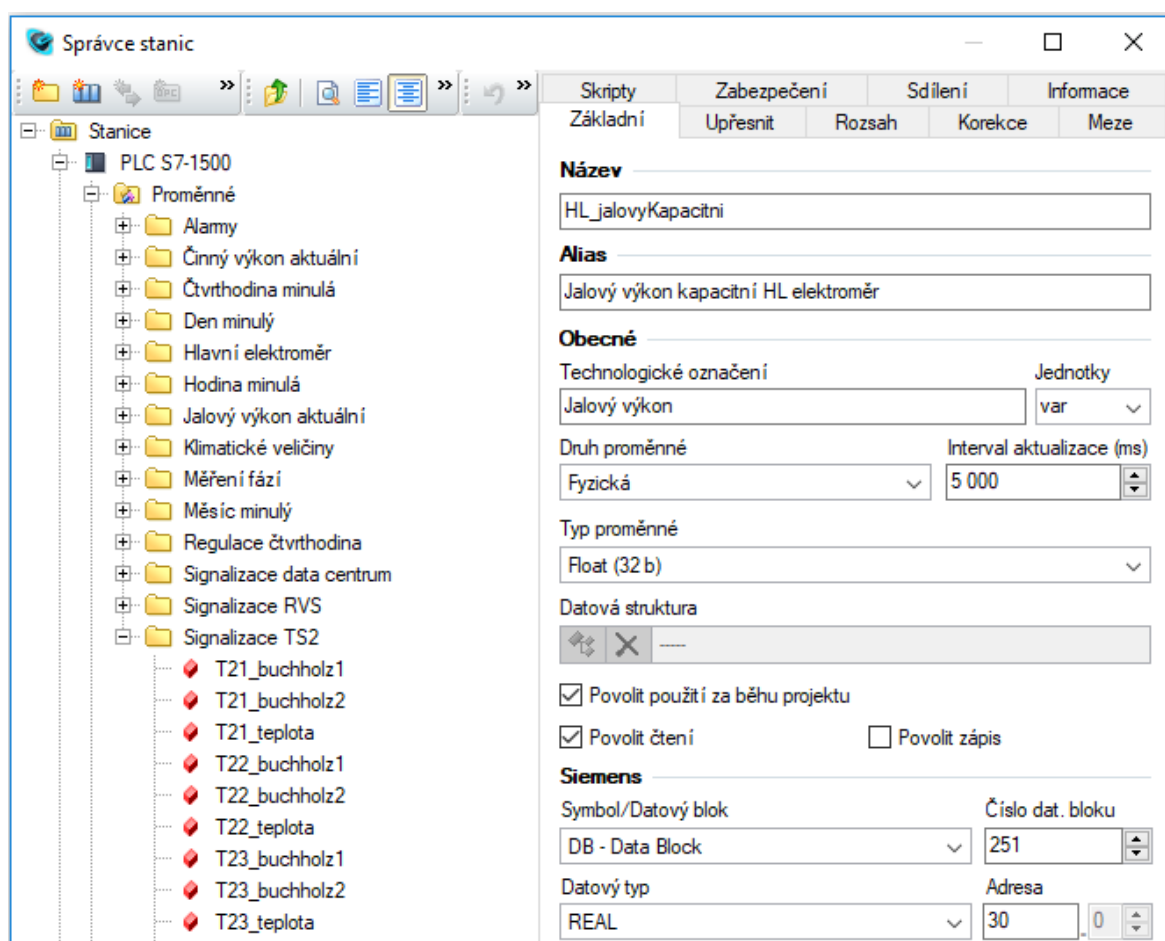
V případě realizovaného projektu bylo nutné nadefinovat PLC stanici SIMATIC S7-1500, kdy se v prvním kroku zvolil nativní komunikační driver Siemens a poté se vyplnily údaje o IP adrese CPU jednotky a jejím umístění (slotu) v sestavě. Důležitým nástrojem pro předávání informací od programátora řídicího systému byl přehled adres proměnných, jehož ukázka je uvedena v Tab. 5.1. Přidání jednotlivých měřených veličin do navrženého SCADA projektu proběhlo pomocí správce stanic (viz Obr. 5.2), ve kterém se nadefinovala struktura, typ a adresa proměnných vyčítaných z datových bloků PLC.

Tab. 5.1 Ukázka přehledu proměnných v datových blocích PLC

technologie	aktuální výkon	čtvrth. odběr	hodinový odběr	denní odběr
trafo T11	DB253.DBD30	DB253.DBD38	DB253.DBD46	DB253.DBD54
trafo T12	DB254.DBD30	DB254.DBD38	DB254.DBD46	DB254.DBD54
UPS	DB262.DBD30	DB262.DBD38	DB262.DBD46	DB262.DBD54
pec č. 9	DB271.DBD30	DB271.DBD38	DB271.DBD46	DB271.DBD54
přípojnice 1	DB292.DBD30	DB292.DBD38	DB292.DBD46	DB292.DBD54
přípojnice 2	DB293.DBD30	DB293.DBD38	DB293.DBD46	DB293.DBD54

Takto získané hodnoty jsou ve výsledné aplikaci graficky zobrazeny formou plovoucích grafů a zároveň ukládány do datových tabulek, které umožňují archivaci dat do souborových databází. Tyto údaje se následně využívají k vytváření tabulkových sestav, pravidelných reportů nebo k zobrazení historických průběhů.

Chybové stavy hlídaných technologií jsou v aplikaci hlášeny pomocí systému alarmů (událostí), které byly definovány ve správci stanic. Alarm je vygenerován, pokud je hodnota dané proměnné mimo nastavené meze. Ve většině případů se jedná o dvoustavovou signalizaci (jede/nejede), ale například u teplot v rozvodnách lze nastavit konkrétní maximální a minimální povolenou hranici. Chybové stavy a jiné události jsou signalizovány pomocí textové zprávy v prohlížeči alarmů a zároveň ukládány do historických databází. Zprávy jsou barevně odlišeny buď červenou barvou (kritická porucha), nebo žlutou barvou (varování)



Obr. 5.2 Struktura proměnných ve správci stanic

5.3 Tvorba skriptů

Pro pokročilejší funkce se v systému Reliance využívá událostně řízené programování postavené na jazyku Microsoft VBScript určeném pro programy kompatibilní s operačním systémem Windows. Mezi ně patří i runtime modul systému Reliance, ve kterém běží výsledná vizualizační aplikace. Posloupnost příkazů VBScriptu uzavřených mezi příkazy sub a end sub se nazývá procedura a na rozdíl od funkce nevrací žádnou hodnotu. Procedury a funkce se vytváří v nástroji správce skriptů.

Při návrhu aplikace monitorující energetické hodnoty byla vytvořena celá řada procedur ať už pro pomocné vnitřní funkce, nebo pro zpracování různých algoritmů. V projektu je řešen například výpočet účinníku z naměřených hodnot činného a jalového výkonu transformátorů, sčítání výkonů elektrických pecí nebo vizualizace hlídání čtvrt hodinového maxima, která je popsána v následujícím textu.

5.3.1 Procedura čtvrt hodinového maxima

Problematickou hlídání nasmlouvané hodnoty čtvrt hodinového maxima se zabývá kapitola 3.3.2. Hlídání a regulaci zajišťuje PLC systém ve spolupráci s nadřazeným řízením (SCADA aplikací). V CPU jednotce PLC se z naměřené aktuální hodnoty čtvrt hodinového odběru energie dopočítává předpovídaná celková spotřeba na konci patnáctiminutového intervalu. Na základě nastavených hodnot ve SCADA aplikaci je prováděna regulace spotřeby pomocí odpojení příslušné skupiny VZT jednotek a zároveň je skrz světelnou signalizaci vyhlášen zákaz spouštění nových výrobních procesů u elektrických obloukových pecí.

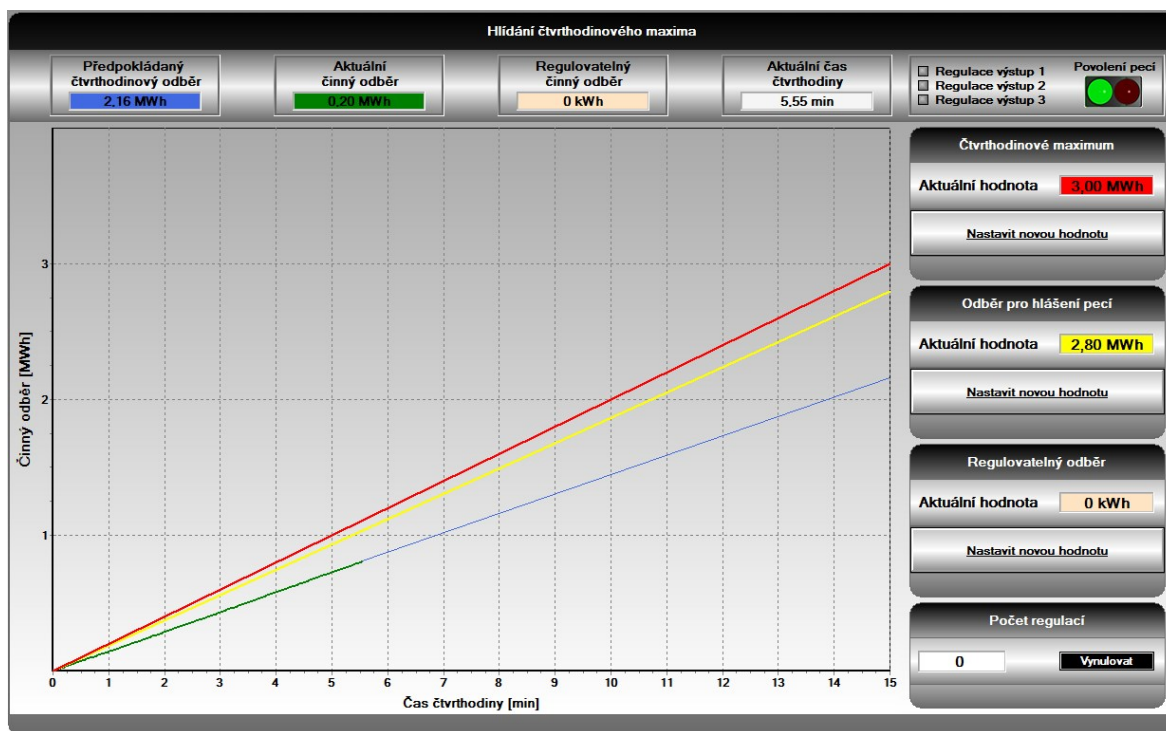
Aby bylo možné takový průběh graficky vykreslovat, je potřeba zaznamenávat jednotlivé body o souřadnicích (x, y). V systému Reliance je k tomu určena komponenta plovoucího diagramu. Jelikož sledovaný úsek obsahuje ve výsledku 900 bodů odpovídajících vteřinám v patnáctiminutovém intervalu, bylo potřeba vytvořit pomocnou proceduru, která souřadnice těchto bodů ukládá do datových proměnných typu pole. Na následujících očíslovaných řádcích je uvedena ukázka z procedury vykonávané ve vteřinových cyklech:

```
1.   if synchroBit = false then
2.       RTag.SetTagElementValue "System", "PoleCas", cas, cas
3.       RTag.SetTagElementValue "System", "PoleCtvrt", cas, odber
4.   else
5.       for i = 0 to 899
6.           RTag.SetTagElementValue "System", "PoleCas", i, 0
7.           RTag.SetTagElementValue "System", "PoleCtvrt", i, 0
8.       next
9.       synchroBit = false
10.      RTag.SetTagValue "PLC S7-1500", "synchroBit", synchroBit
11.   end if
```

Pokud je hodnota synchronizačního bitu (proměnná synchroBit) nastavena na logickou nulu, je prováděna posloupnost příkazů na řádcích dva a tři. V každém cyklu jsou hodnoty aktuálního času čtvrt hodiny a aktuálního výkonového odběru postupně ukládány na jednotlivé pozice polí (0 až 899). Pozice, na kterou má být hodnota vložena, je určena aktuálním počtem vteřin v probíhajícím patnáctiminutovém úseku.

V případě, že přijde z elektroměru impuls určující začátek nového čtvrt hodinového intervalu, je synchronizační bit nastaven na logickou jedničku a je vykonávána posloupnost příkazů na řádcích pět až deset. V uvedeném cyklu je provedeno smazání dříve naplněných polí tak, že je na každou pozici (0 až 899) zapsána nulová hodnota. Po vymazání polí je synchronizační bit opět nastaven na logickou nulu a plnění polí probíhá od začátku.

Na Obr. 5.3 je zobrazena výsledná podoba vizualizace hlídání čtvrt hodinového maxima. Zelená křivka představuje aktuální činný odběr, modrá přímká předpokládaný čtvrt hodinový odběr, žlutá přímká zapínací hranici pro světelnou signalizaci a červená přímká představuje hranici nasmlouvané hodnoty čtvrt hodinového maxima. Poslední dvě jmenované přímkky jsou nastavovány v uživatelském rozhraní aplikace.



Obr. 5.3 Vizualizace hlídání čtvrt hodinového maxima

5.4 Síťová komunikace

Konečná podoba vytvořené SCADA aplikace byla implementována ve výrobním podniku do infrastruktury automatizovaného systému sběru dat. Na průmyslovém počítači umístěném v rozváděči datového centra nepřetržitě běží serverová verze aplikace, jejíž chod zajišťuje runtime modul Reliance 4 Control Server. Do průmyslové sítě jsou připojeny další dva stolní počítače, na kterých je spouštěna klientská verze programu. Chod softwaru v tomto případě zajišťuje runtime modul Reliance 4 Control umožňující vzdálené ovládání serverové aplikace.

Síťové propojení bylo nadefinováno v nástroji správce struktury projektu, kde se nastavily IP adresy serveru a vzdálených počítačových stanic. Zároveň se určily struktury, ke kterým mohou tito uživatelé přistupovat. V rámci projektu jsou sdíleny veškeré datové tabulky a fyzické proměnné získávané z řídicího systému datového centra. Ukázka z výsledné SCADA aplikace je uvedena v příloze E.

6 Závěr

Diplomová práce se zabývá návrhem projektové dokumentace nového podnikového systému pro automatizovaný sběr technologický dat a jejich vizualizací pomocí softwarové aplikace. Úvodní část je věnována seznámení s jednotlivými body zadávací dokumentace, především pak s funkčními požadavky zadavatele zakázky. Na základě těchto technických požadavků byl zpracován a uveden koncept navrhovaného projektu, který zároveň určil skladbu teoretické části diplomové práce.

V teoretické kapitole byl popsán automatizovaný sběr dat a struktura systémů běžně používaných v průmyslových aplikacích. Z pohledu tvorby softwaru monitorujícího energetické hodnoty je třeba rozumět teorii z oblasti spotřeby elektrické energie a regulace maximálního čtvrt hodinového odběru, proto jsou v práci vysvětleny základní pojmy týkající se této problematiky. Teoretickou část uzavírá popis přenosu dat pomocí průmyslových komunikačních sítí a jejich zpracování v rámci nadřazeného řízení SCADA. Pro tyto účely byl uveden přehled mnou v minulosti vyzkoušených návrhových nástrojů, které zároveň patří mezi nejpoužívanější v České republice.

Praktická část diplomové práce je věnována zpracování projektové dokumentace rozváděče datového centra sloužícího pro sběr, vyhodnocení a vizualizaci technologických dat, jehož návrh vycházel z dříve vytvořené koncepce. V kapitole byly popsány jednotlivé fáze přípravy a realizace projektu, specifikace vybraných komponent použitých při návrhu datového centra a popis dalších nezbytných náležitostí či úkonů vedoucích k vytvoření výsledné projektové dokumentace. S ohledem na její rozsáhlost byly pro účely diplomové práce popsány a v přílohách uvedeny především části, mezi které patří obvodové schéma, dispoziční řešení a technická zpráva. Praktickou část uzavírá kapitola zabývající se tvorbou vizualizační aplikace pomocí SCADA systému Reliance. Obsahuje návrh uživatelského rozhraní, ukázkou datové vazby a vysvětlení síťové komunikace mezi klientskou a serverovou aplikací. V samém závěru kapitoly bylo uvedeno praktické využití skriptovacího jazyka pro zobrazení predikčního algoritmu hlídajícího nasmlouvanou hodnotu čtvrt hodinového maxima. Obrazová ukáзка z výsledné SCADA aplikace monitorující energetické hodnoty vybraných technologií je součástí příloh diplomové práce.

Navržené datové centrum bylo realizováno v průmyslovém výrobním podniku, kde zajišťuje automatizovaný sběr technologických dat pomocí komunikace s decentralizovanými stanicemi. Plní zároveň funkci serveru poskytujícího vybrané informace počítačům v síti prostřednictvím klientských vizualizačních aplikací. Stěžejní funkcí datového centra je sledování energetických odběrů a hlídání nasmlouvané hodnoty čtvrt hodinového maxima, kdy je na základě řídicího softwaru regulována celková spotřeba elektrické energie. Bez podobného dohledu se větší průmyslové podniky v dnešní době prakticky neobejdou.

V rámci zakázky jsem se podílel na všech přípravných i realizačních fázích projektu, především pak na projekci datového centra a programování softwarové aplikace. Zde jsem uplatnil znalosti získané z předchozího bakalářského studia informačních systémů a současného magisterského studia projektování elektrických zařízení. Nesporným přínosem realizovaného projektu je vzdálený dohled nad energetickými či provozními údaji, které zajišťují zvýšenou

bezpečnost osob a majetku. Nelze také opomenout ekonomické úspory plynoucí z efektivního využívání elektrické energie.

V průběhu následujících let bude navržený systém sběru dat rozšířen o další technologie, kdy je v plánu sledovat kromě energetických údajů i další procesní veličiny umožňující dohled nad výrobním postupem a řídit tak realizaci výrobku žádoucím způsobem. S ohledem na velikost budoucích projektů je vhodnější oddělit projekční činnost od softwarové tvorby nadřazeného řízení, aby bylo možné dodržet požadované časové termíny zakázek. Návrh SCADA aplikací je zároveň dostatečně rozsáhlé téma i pro samostatnou diplomovou práci.

Použitá literatura

- [1] Úvod do automatizovaného sběru dat ve výrobě. *IT Systems*. Brno: CCB, 2009, 2009(7-8), 30-31. ISSN 1802-615X.
- [2] KOŠTÁL, Josef. Kompenzace elektrického jalového výkonu. *Elektro*. Praha: FCC Public, 2009, 2009(3), 2-4. ISSN 1210-0889.
- [3] Základy kompenzace. In: *KBH Energy* [online]. Pardubice: KBH Energy, c2019 [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: <http://www.kbh.cz/o-kompenzacich/zaklady-kompenzace>
- [4] MAJDA, František. Čtvrthodinové maximum. *Elektro*. Praha: FCC Public, 2008, 2008(12), 26-28. ISSN 1210-0889.
- [5] Řízení čtvrthodinového maxima. In: *TZB-info* [online]. Praha: Topinfo, c2019, 30. listopadu 2015 [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: <https://elektro.tzb-info.cz/inteligentni-budovy/13513-rizeni-ctvrthodinoveho-maxima>
- [6] ZÁKLADNÍ INFORMACE O PRŮMYSLOVÉ SBĚRNICI PROFIBUS – ČÁST I. In: *FOXON* [online]. Liberec: FOXON, c2018, 19. července 2013 [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: <https://www.foxon.cz/blog/prakticka-teorie/162-zakladni-informace-o-prumyslove-sbornici-profibus-cast-i>
- [7] ZEŽULKA, František. *Prostředky průmyslové automatizace*. Brno: VUTUM, 2004. ISBN 80-214-2610-1.
- [8] Co je PROMOTIC. *PROMOTIC SCADA visualization software* [online]. [cit. 2019-03-10]. Dostupné z: <https://www.promotic.eu/cz/pmdoc/WhatIsPromotic/WhatIsPromotic.htm>
- [9] Učebnice PROMOTIC. *PROMOTIC SCADA visualization software* [online]. [cit. 2019-03-10]. Dostupné z: <https://www.promotic.eu/cz/pmdoc/Tutorial/TutorStart.htm>
- [10] Obsah dokumentace PROMOTIC. *PROMOTIC SCADA visualization software* [online]. [cit. 2019-03-10]. Dostupné z: <https://www.promotic.eu/cz/pmdoc/PmDocDefault.htm>
- [11] O společnosti. *Moravské přístroje a.s.* [online]. Zlín: Moravské přístroje, 2019 [cit. 2019-03-16]. Dostupné z: <https://www.mii.cz/cat?id=8&lang=405>
- [12] *Dokumentace k systému Control Web 7*. Zlín, 2015. Dostupné také z: <https://www.mii.cz/download?id=856&lang=405>
- [13] Ukázka z aplikace. In: *Moravské přístroje a.s.* [online]. Zlín: Moravské přístroje, 2019, 23. května 2016 [cit. 2019-03-13]. Dostupné z: <https://www.mii.cz/art?id=550&cat=74&lang=405>
- [14] O nás. *Reliance: Industrial SCADA/HMI system* [online]. Pardubice: GEOVAP, c2019 [cit. 2019-03-13]. Dostupné z: <https://www.reliance-scada.com/cs/contact/about-us>
- [15] *VÝVOJOVÉ PROSTŘEDÍ*. Pardubice, c2019. Dostupné také z: https://www.reliance-scada.com/files-to-download/documentation/reliance4/Design_CSYPdf

-
- [16] Runtime moduly. In: *Reliance: Industrial SCADA/HMI system* [online]. Pardubice: GEOVAP, c2019 [cit. 2019-03-13]. Dostupné z: <https://www.reliance-scada.com/cs/products/reliance4-scada-hmi-system#page=screenshots>
- [17] Runtime moduly systému Reliance 4. In: *Reliance: Industrial SCADA/HMI system* [online]. Pardubice: GEOVAP, c2019 [cit. 2019-03-13]. Dostupné z: <https://www.reliance-scada.com/cs/products/reliance4/runtime-software>
- [18] Způsob licencování systému Reliance 4. In: *Reliance: Industrial SCADA/HMI system* [online]. Pardubice: GEOVAP, c2019 [cit. 2019-03-13]. Dostupné z: <https://www.reliance-scada.com/cs/products/reliance4/licensing-of-reliance4>
- [19] DVOŘÁČEK, Karel a Vincent CSIRIK. *Projektování elektrických zařízení*. Praha: IN-EL, 1999. Knihnice Elektro. ISBN 80-86230-10-4.
- [20] 6ES7515-2AM01-0AB0. In: *SIEMENS: Industry Mall* [online]. Siemens, c2019 [cit. 2019-03-26]. Dostupné z: <https://mall.industry.siemens.com/mall/cs/cz/Catalog/Product/6ES7515-2AM01-0AB0>
- [21] 6ES7540-1AD00-0AA0. In: *SIEMENS: Industry Mall* [online]. Siemens, c2019 [cit. 2019-03-26]. Dostupné z: <https://mall.industry.siemens.com/mall/cs/cz/Catalog/Product/6ES7540-1AD00-0AA0>
- [22] 6GK7542-5DX00-0XE0. In: *SIEMENS: Industry Mall* [online]. Siemens, c2019 [cit. 2019-03-26]. Dostupné z: <https://mall.industry.siemens.com/mall/cs/cz/Catalog/Product/6GK7542-5DX00-0XE0>
- [23] 6ES7521-1BL10-0AA0. In: *SIEMENS: Industry Mall* [online]. Siemens, c2019 [cit. 2019-03-26]. Dostupné z: <https://mall.industry.siemens.com/mall/cs/cz/Catalog/Product/6ES7521-1BL10-0AA0>
- [24] 6ES7505-0RA00-0AB0. In: *SIEMENS: Industry Mall* [online]. Siemens, c2019 [cit. 2019-03-26]. Dostupné z: <https://mall.industry.siemens.com/mall/cs/cz/Catalog/Product/6ES7505-0RA00-0AB0>
- [25] Nejrychlejší řídicí systém pro automatizaci. *SIEMENS: Ingenuity for life* [online]. Praha: Siemens, c1996-2019 [cit. 2019-03-17]. Dostupné z: <https://new.siemens.com/cz/cs/products/automation/systems/industrial/plc/simatic-s7-1500.html>
- [26] 6AG4131-2FK41-0EX6. In: *SIEMENS: Industry Mall* [online]. Siemens, c2019 [cit. 2019-03-26]. Dostupné z: <https://mall.industry.siemens.com/mall/cs/cz/Catalog/Product/6AG4131-2FK41-0EX6>
- [27] 6GK5108-0BA00-2AC2. In: *SIEMENS: Industry Mall* [online]. Siemens, c2019 [cit. 2019-03-26]. Dostupné z: <https://mall.industry.siemens.com/mall/cs/cz/Catalog/Product/6GK5108-0BA00-2AC2>
- [28] 6ES7972-0AA02-0XA0. In: *SIEMENS: Industry Mall* [online]. Siemens, c2019 [cit. 2019-03-26]. Dostupné z: <https://mall.industry.siemens.com/mall/cs/cz/Catalog/Product/6ES7972-0AA02-0XA0>

-
- [29] 6NH9720-3AA01-0XX0. In: *SIEMENS: Industry Mall* [online]. Siemens, c2019 [cit. 2019-03-26]. Dostupné z: <https://mall.industry.siemens.com/mall/cs/cz/Catalog/Product/6NH9720-3AA01-0XX0>
- [30] 6NH9860-1AA00. In: *SIEMENS: Industry Mall* [online]. Siemens, c2019 [cit. 2019-03-26]. Dostupné z: <https://mall.industry.siemens.com/mall/cs/cz/Catalog/Product/6NH9860-1AA00>
- [31] 6EP1334-2BA20. In: *SIEMENS: Industry Mall* [online]. Siemens, c2019 [cit. 2019-03-26]. Dostupné z: <https://mall.industry.siemens.com/mall/cs/cz/Catalog/Product/6EP1334-2BA20>
- [32] 6EP4134-3AB00-1AY0. In: *SIEMENS: Industry Mall* [online]. Siemens, c2019 [cit. 2019-03-26]. Dostupné z: <https://mall.industry.siemens.com/mall/cs/cz/Catalog/Product/6EP4134-3AB00-1AY0>
- [33] 6EP4135-0GB00-0AY0. In: *SIEMENS: Industry Mall* [online]. Siemens, c2019 [cit. 2019-03-26]. Dostupné z: <https://mall.industry.siemens.com/mall/cs/cz/Catalog/Product/6EP4135-0GB00-0AY0>
- [34] 6EP1961-2BA41. In: *SIEMENS: Industry Mall* [online]. Siemens, c2019 [cit. 2019-03-26]. Dostupné z: <https://mall.industry.siemens.com/mall/cs/cz/Catalog/Product/6EP1961-2BA41>
- [35] ČSN EN 61439-1 ed. 2. *Rozváděče nízkého napětí - Část 1: Všeobecná ustanovení*. Praha: UNMZ, 2012, Třídící znak: 357107.
- [36] ČSN EN 61439-2 ed. 2. *Rozváděče nízkého napětí - Část 1: Výkonové rozváděče*. Praha: UNMZ, 2012, Třídící znak: 357107.
- [37] ČSN EN 61082-1 ed. 3. *Zhotovování dokumentů používaných v elektrotechnice - Část 1: Pravidla*. Praha: UNMZ, 2015, Třídící znak: 013780.

Seznam příloh

Samostatně tištěné přílohy:

<i>Příloha A: Zadávací dokumentace</i>	<i>1</i>
<i>Příloha B: Obvodové schéma</i>	<i>9</i>
<i>Příloha C: Dispoziční řešení datového centra</i>	<i>52</i>
<i>Příloha D: Technická zpráva</i>	<i>54</i>
<i>Příloha E: Ukázka vizualizační aplikace</i>	<i>64</i>

Přílohy v IS Edison:

- Charakteristiky rozhraní.pdf
- Dispoziční řešení datového centra.pdf
- Dispoziční řešení systému sběru dat.pdf
- EU prohlášení o shodě.pdf
- Kusové ověření.pdf
- Obvodové schéma.pdf
- Technická zpráva.pdf
- Ukázka vizualizační aplikace.pdf
- Zadávací dokumentace.pdf

Obsah CD

Kořenový adresář

- 2019_tan0009_DP.pdf

Adresář Přílohy

- Charakteristiky rozhraní.pdf
- Dispoziční řešení datového centra.pdf
- Dispoziční řešení systému sběru dat.pdf
- EU prohlášení o shodě.pdf
- Kusové ověření.pdf
- Obvodové schéma.pdf
- Technická zpráva.pdf
- Ukázka vizualizační aplikace.pdf
- Zadávací dokumentace.pdf